

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

第二名

082918

重建教室的半壁江山—磁性漆的應用特性與環
保自製技術探究

學校名稱：臺北市北投區明德國民小學

作者： 小六 陳雅昕 小六 洪語儂 小六 李曜丞 小六 陳佑新 小六 王晟志	指導老師： 吳柏菱 蔡玲玲
---	-----------------------------

關鍵詞：磁性漆、磁感性、暖暖包鐵鏽粉

摘 要

本研究源於改造教室牆壁汗損問題，因而發展出對磁性漆產品的性質與應用技術探究，並進一步運用廢棄暖暖包粉末的磁感性進行環保自製技術與效能探究。研究中以自製塗漆裝置和磁吸力測試裝置來瞭解磁性漆效能。結果發現：磁性漆不具磁性，而是運用其磁感性和磁鐵產生磁吸效果，成份極可能是 400 系列不鏽鋼，並以塗在粗糙材質有較佳附著性；也可透過增加塗漆厚度、選用磁極面積大的磁鐵來增加磁吸力。用畢後的暖暖包鏽粉內仍包覆具磁感性的鐵，且磁感性隨時間漸減，若用磁漆粉三倍的暖包粉量混合乳膠漆，磁吸效果和市售磁性漆相近。最後，根據研究啟發實際改造教室牆壁和製作益智桌遊，創造嶄新的教室學習空間，並發現其作為磁力線觀察教具的優勢。

壹、前言

一、研究動機

自然教室後方的一面牆，經常被用來張貼教學海報，每次撕下更新，海報會被破壞，也會在牆面留下殘膠痕跡，還凹凸不平，看來十分不美觀，也不是學生下課時可以利用的空間。經過討論與上網查詢，發現市面上有賣一種名叫磁性漆的漆料，引發了我們的好奇和各種創意運用牆面的想像。但是因為磁性漆的價格昂貴，所以決定要先對磁性漆的成分特性、使用技術和磁吸力效能進行實驗測試，並研究運用其他材料自製更低成本的磁性漆，希望最後能應用探究結果來創意設計教室殘破不堪的牆面(半壁江山)，甚至，利用磁吸來解決教室桌遊經常散亂的問題，塑造教室成為充滿更多學習與歡樂的空間。

二、研究目的與待答問題

(一) 研究目的

1. 調查與探究磁性漆的成分和性質。(對應研究一)
2. 探究影響磁性漆磁吸力大小的因素。(對應研究二)
3. 探討自製磁性漆的材料與技術。(對應研究三)
4. 探討創意應用磁性漆的方法。(對應研究四)

(二) 待答問題

- 1-(1) 磁性漆的磁感性原料是否具有磁性？(對應實驗一)
- 1-(2) 磁性漆的磁感性原料是什麼成分？(對應實驗一)
- 1-(3) 磁性漆適合塗刷在哪些材質的牆面？(對應實驗二)
- 2-(1) 塗刷較多層磁性漆是否可以增強磁吸力？(對應實驗三)
- 2-(2) 在磁性漆上塗刷其他面漆，是否會減弱磁吸力？(對應實驗四)
- 2-(3) 將磁性漆和其他顏色水性漆混合是否會減弱磁吸力？(對應實驗五)
- 2-(4) 用不同規格的磁鐵吸附磁性漆牆面，磁吸力是否會不同？(對應實驗六)
- 3-(1) 磁性漆的磁感性原料是否可以用暖暖包鐵鏽粉替換？(對應實驗七)
- 3-(2) 哪些因素會影響用暖暖包鐵鏽粉製作磁性漆的效能？(對應實驗八)
- 4-(1) 如何運用磁性漆改造教室牆面或設計益智桌遊？(對應實驗九)

三、文獻探討

(一)磁性漆成分、特性與磁性效能

本研究選用的磁性漆為水性磁性漆，產品說明介紹如下：

主要成分包含：水、顏料、水性低氣味合成樹脂(不添加有機溶劑，沒刺鼻味)、磁感性原料。磁性屬於加乘效果，漆膜厚度會直接影響成效，因此施工越多道，磁鐵吸附性越佳！特別是高科技磁感性原料經特殊處理不會生鏽，可讓牆面保持歷久不衰的磁性，就算是長期重複吸附效果依然不減退；但須知磁感性原料為鐵粉，而非磁鐵粉，所以磁性漆本身不具有磁力，只可吸上磁鐵等物品。乾燥後，可直接上塗水泥漆或乳膠漆。

使用磁性漆時，可自行決定要不要塗底漆，並要先將牆面髒汙清除和將縫隙填平。每次開封使用時，約需攪拌 15~20 分鐘使所有成分均勻混合，再用滾輪和泡棉滾筒滾刷，或用刷子塗刷。塗刷時，建議每間隔 4 個小時再塗刷下一層，層數越多磁性越強，應至少刷塗三層以上，並在最後一次塗刷完成後，先靜置 24 小時再作使用。

磁性漆應保存在溫度 40°C 以下的室內且無陽光直接照射的區域，若未使用完畢，須蓋緊蓋子，存放於陰涼通風處。而因為磁性漆為水性，所以塗刷工具用完後要立刻用清水洗乾淨和晾乾，便可重複利用。但清洗用具的廢水因含有磁感性物質，不可直接倒入排水孔或水溝，以免造成堵塞。

至於磁性漆的應用方面，若再上塗水性透明白板漆或黑板漆，便一舉可實現寫字、可用磁鐵吸附的多功能牆面，打造創意牆面空間，但屬於住家、廚房、遊戲間、辦公大樓、學校、會議室等室內牆面專用！

1. 針對上述磁性漆成分是「高科技磁感性原料」，含有鐵的成分，又不會生鏽，推測應是鐵合金，也就是不鏽鋼，所以進一步查詢文獻發現：「200、300 系列不鏽鋼不含磁性，而 400、500、600 系列不鏽鋼含有磁性」，而且發現網路上以粉末形式販售的商品不多，400 系列以 430 不鏽鋼較常見。文獻也指出：「430 不鏽鋼是具有體心立方體結構的鐵素體不鏽鋼，是肥粒鐵型不鏽鋼，含有碳(C)、矽(Si)、錳(Mn)、磷(P)、硫(S)、鎳(Ni)、鉻(Cr)等化學成分，耐蝕性佳，而且價格低廉，常用於工業或日常生活。」因此，我們推測磁性漆的「高科技磁感性原料」可能是 430 不鏽鋼粉末，可以直接購買來和磁性漆中的磁感性粉末做比較。
2. 針對磁性漆的各項磁性功能介紹或使用建議，像是適用牆面、塗刷厚度、耐腐蝕、可上塗水泥漆和乳膠漆等，應該設計實驗來確認，並找出它們的磁感性究竟有多強。
3. 自然課學過鐵製品表面塗漆可防鏽，所以磁性漆的磁感性原料一定要能防腐蝕嗎？鐵粉跟乳膠漆混合，應該也能防鏽，或許可做實驗來研究用鐵粉自製磁性漆的技術。

(二) 暖暖包鐵鏽粉(氧化鐵)的磁感性

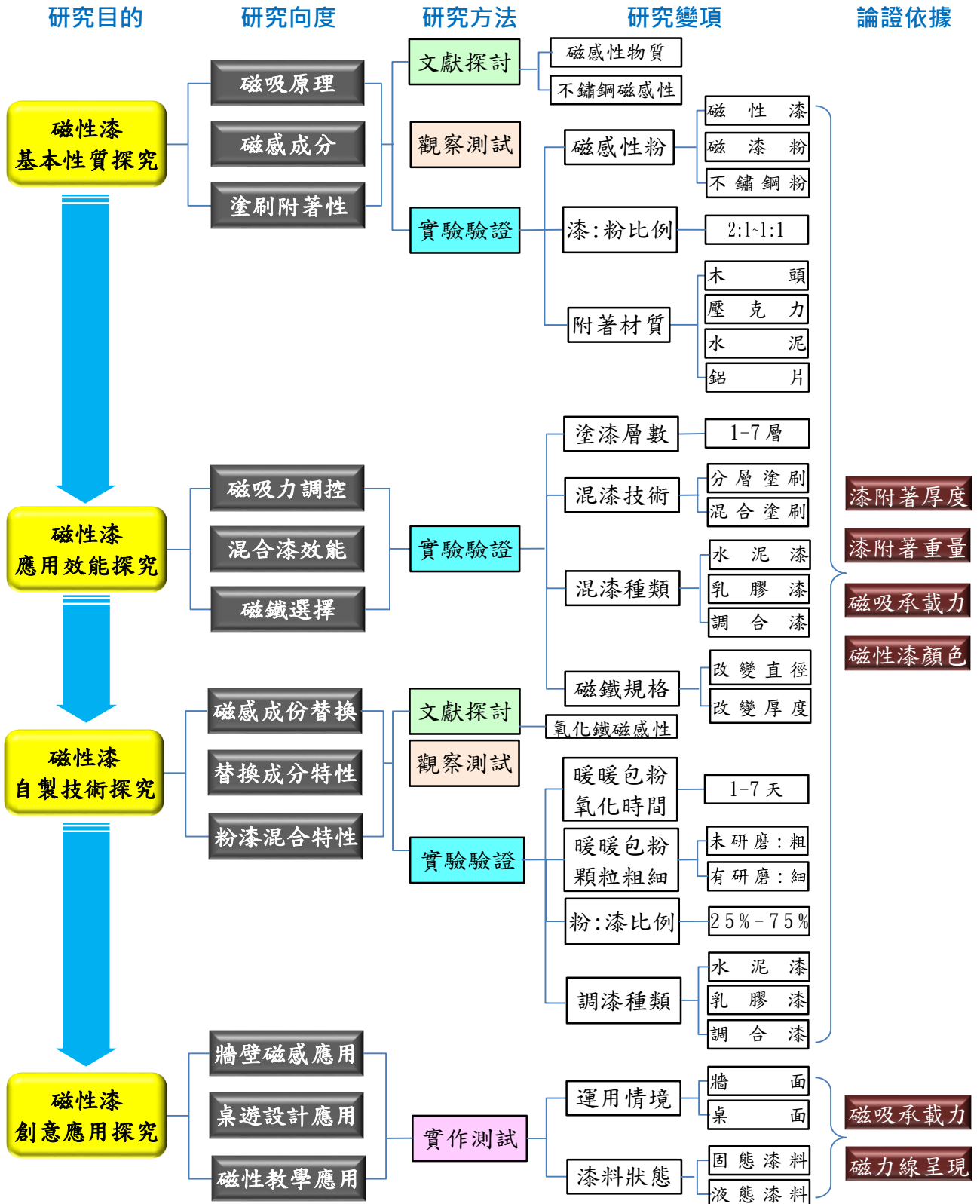
接續前項文獻關於「運用鐵粉是否可以作為磁性漆的磁感性替代材料」的疑惑，我們也好奇鐵生鏽後，是否還具有磁感性？如果有，鐵鏽就有了廢棄物再利用的機會。進一步查詢資料提到：「雖然鐵鏽(三氧化二鐵)沒有磁感性，但通常已生鏽的鐵粉還是可以被磁鐵吸引，因為是鐵粉的外圍氧化生鏽變成三氧化二鐵，但裡面的鐵粉還未氧化，被外層的鐵鏽包覆住，所以還是有磁性，只是磁吸力減弱一些，但沒差太多。」基於上面的資料內容，我們想到暖暖包的主要成分是鐵粉，查詢有關暖暖包的文獻資料指出：「暖暖包粉主要的成分有鐵粉、活性碳、蛭石、食鹽等，而它的發熱原理是鐵粉氧化時會放熱，以致暖暖包發熱」，我們原本以為用過的(已氧化)暖包鏽粉的磁吸力應該會很弱，但實際用磁鐵吸吸看，果然可以被吸住，而且磁吸力還是很強，代表裡面雖然會有很多氧化後的鐵鏽粉，但這些粗顆粒的鐵鏽顆粒內部應該也還會殘留很多的鐵成份，可以廢物再利用，加入乳膠漆製成磁性漆，並且和市售磁性漆的磁感性能力做比較。

貳、研究方法與分析工具

一、研究發展過程








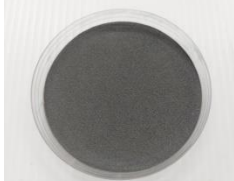



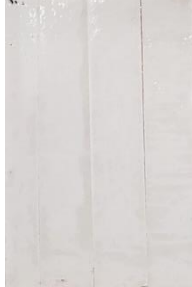






(一) 規劃研究架構

根據研究目的與待答問題，本研究歷經四個階段，以下呈現研究流程與思考架構。

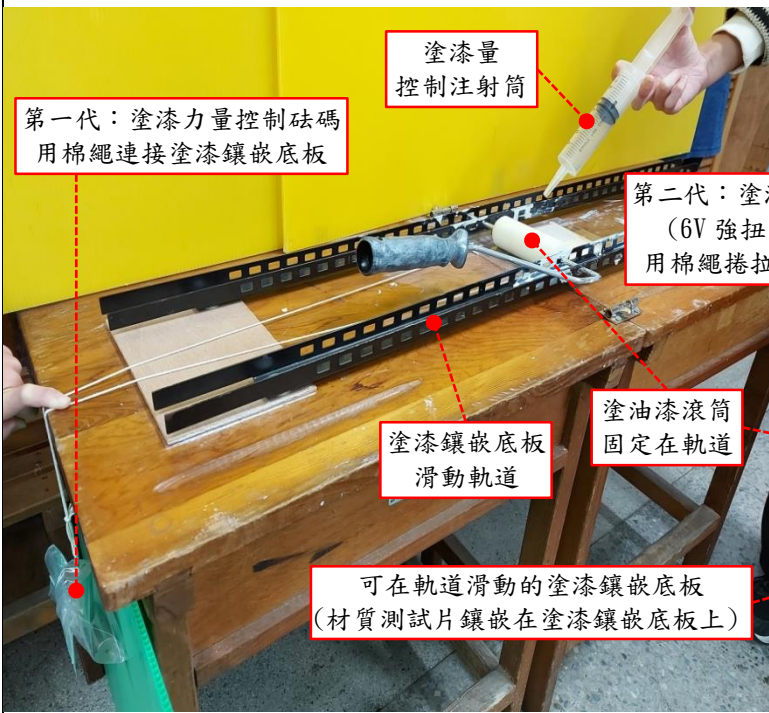

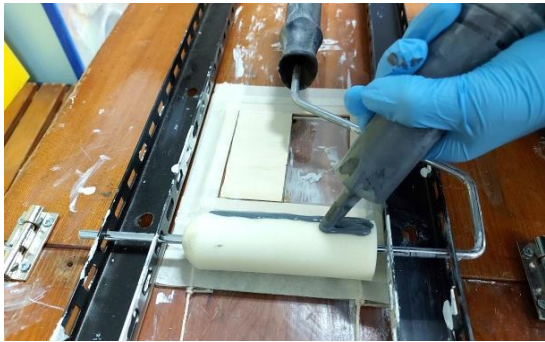
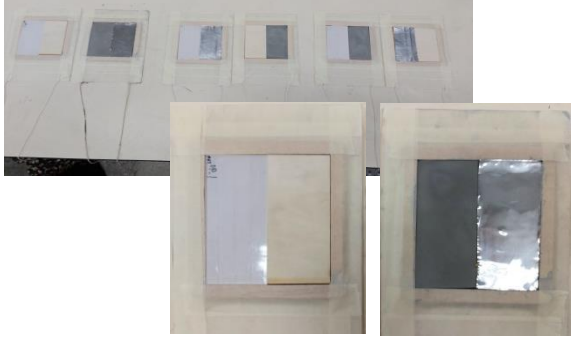

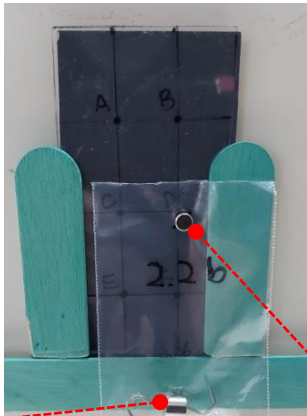
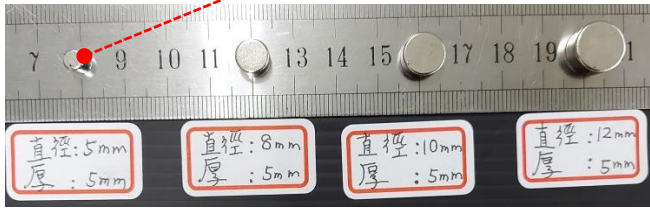


(二) 研究器材與備置技術

1. 實驗材料

漆	磁性漆 (水性) 	底漆 (水性) 	黑板漆 (水性) 	乳膠漆(白色) (水性) 	水泥漆(白色) (水性) 	調合漆(白色) (水性) 
磁感性粉	磁漆粉 (從磁性漆淘洗出的粉末) 	430 不鏽鋼粉 (從網路購買獲得) 	暖暖包粉 (未研磨、未氧化) 	暖暖包粉 (已研磨、已氧化) 		
塗漆材料	木片 	壓克力片 	自製水泥片 	鋁片 		
規格	45*95*2.5mm ³	45*95*2.5mm ³	45*95*2.5mm ³	45*95*2.5mm ³		
重量	5.74~5.87gw	11.96~12.52gw	18.50~20.62gw	13.27~13.43gw		
說明	由於四種材質(各三片)的原本厚度不同，所以用木板厚度(約 2.52mm)為標準，在鋁片(約 0.13mm)和壓克力片(約 1.90mm)下方黏貼其它底板或不同厚度的膠帶，水泥片(約 2.90~3.53mm)則用砂紙磨薄，使所有薄片的厚度都大約是 2.52mm。 (如右圖：薄片背面標記厚度和重量)					
塗漆材質準備過程照片						
	自製水泥薄片，並用砂紙磨成 5*95*2.5mm ³		在各材質薄片背後標記 6 個測量點。		用游標尺測量塗漆材質薄片的長、寬、厚度	

2. 自製裝置與操作步驟說明

塗漆力量控制裝置	 <p>第一代：塗漆力量控制砝碼 用棉繩連接塗漆鑲嵌底板</p> <p>塗漆量控制注射筒</p> <p>塗漆鑲嵌底板滑動軌道</p> <p>可在軌道滑動的塗漆鑲嵌底板 (材質測試片鑲嵌在塗漆鑲嵌底板上)</p>	 <p>第二代：塗漆力量控制馬達 (6V 強扭力慢速馬達) 用棉繩捲拉塗漆鑲嵌底板</p> <p>塗油漆滾筒固定在軌道</p>
	<p>用注射筒(或電子秤)控制塗漆量</p> 	<p>塗漆鑲嵌底板上一次鑲嵌兩塊測試材質</p> 
定點位置磁吸力測試裝置	 <p>測試磁吸力的砝碼</p>	<p>磁吸力測試架</p>  <p>塗漆材質薄片(後)</p> <p>定點測量透明片(前)</p> <p>測試磁吸力的磁鐵</p>  <p>直徑: 5mm 厚: 5mm</p> <p>直徑: 8mm 厚: 5mm</p> <p>直徑: 10mm 厚: 5mm</p> <p>直徑: 12mm 厚: 5mm</p>

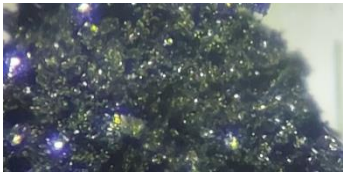
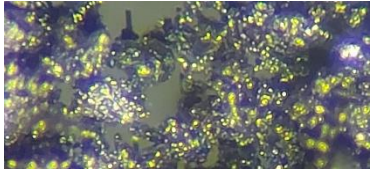
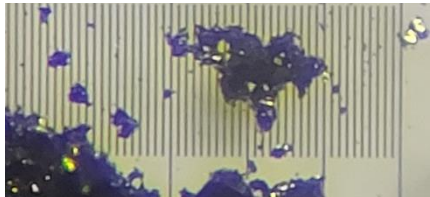
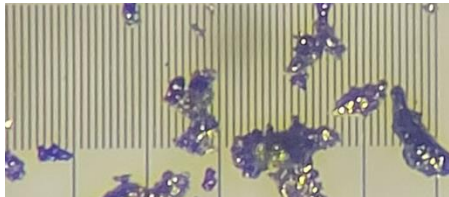




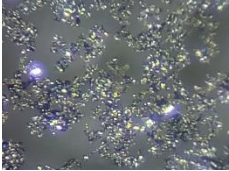
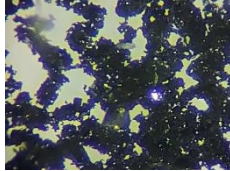
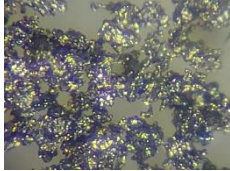
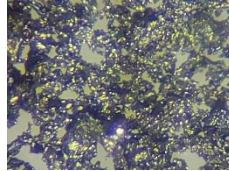
參、研究過程與結果分析

研究一 調查與探究磁性漆的成分和性質

一、調查想法、策略與實驗規劃

根據產品介紹資料，「磁性漆的高科技磁感性原料為鐵粉，不具有磁力，只可吸上磁鐵，但經過特殊處理，不會生鏽。」，推測成分應是不易生鏽且具磁感性的鐵合金(不鏽鋼)，便將市售磁性漆反覆淘洗，從乳膠漆中過濾析出其中的磁感性原料，進行觀察與測試。同時也查詢不鏽鋼特性文獻，發現符合條件的最可能是不鏽鋼 400 系列，因此上網採購較普遍被使用的 430 不鏽鋼粉，與從磁性漆中淘洗出的磁感性粉末(以下簡稱「磁漆粉」)進行外觀、性質比較，並設計**實驗一**來比較兩種粉末的磁吸力，設計**實驗二**來比較磁性漆塗刷在不同材質表面(牆面)的附著效果。

二、磁漆粉與 430 不鏽鋼粉比較結果

比較項目	磁漆粉	430 不鏽鋼粉
粉末顏色 (放大 40 倍)	 深灰黑色	 淺灰色
顯微鏡下 顆粒特徵 (放大 50 倍) 1DV=0.01mm	 黑色多、銀灰色(有金屬光澤)少	 銀灰色(有金屬光澤)
乳膠漆:磁感原料 =2:1 顏色	 色調(E): 134 紅(R): 149 濃度(S): 17 綠(G): 158 色彩原色(O) 亮度(L): 147 藍(U): 163	 色調(E): 128 紅(R): 206 濃度(S): 13 綠(G): 210 色彩原色(O) 亮度(L): 196 藍(U): 211
乳膠漆:磁感原料 =1:1 顏色	 色調(E): 135 紅(R): 113 濃度(S): 20 綠(G): 126 色彩原色(O) 亮度(L): 116 藍(U): 134	 色調(E): 128 紅(R): 184 濃度(S): 18 綠(G): 192 色彩原色(O) 亮度(L): 178 藍(U): 194
磁感性	不能吸住鐵製品、磁鐵可以吸住	不能吸住鐵製品、磁鐵可以吸住
耐酸特性	 浸泡水  浸泡醋	 浸泡水  浸泡醋

發現：磁漆粉不是純 430 不鏽鋼粉，其中銀色有光澤部分和 430 不鏽鋼粉相似。

兩種粉末泡水和泡醋都能防鏽，能維持光澤。

實驗一 磁漆粉與 430 不鏽鋼粉的磁感性效果探究

一、實驗假設

根據市售 1L 磁性漆的重量(2.9kg)與 1L 乳膠漆的重量(2.1kg)推算，並考慮磁漆粉也占空間，所以乳膠漆一定不到 1L，重量也不到 2.1kg，市售磁性漆中的磁感性粉末應該至少有 1kg，因此選擇重量以乳膠漆：磁感性粉末=2：1 的標準，進行實驗。並推測磁漆粉和 430 不鏽鋼粉的磁吸承載力會差不多，而且乳膠漆加入磁感性粉末的比例越高，磁吸承載力也越大。

二、變因操控

- 操縱變因：(1)磁感性粉末種類(磁漆粉、430 不鏽鋼粉)
(2)乳膠漆與磁感性粉末的重量混合比例，共 3 種(10:5、10:4、10:3)
- 控制變因：底板材質、混合攪拌技術、塗漆重量、塗刷技術、塗刷面積、環境溫濕度
- 應變變因：磁吸承載力、塗刷厚度、混合漆顏色 RGB、HSV 數值

三、實驗步驟

- 將乳膠漆和磁漆粉/430 不鏽鋼粉依照 50：25gw、50：20gw、50：15gw 的重量比例均勻混合後備用，共 6 種混合漆。
- 利用電子秤控制 6 種漆在底板的塗刷重量要相同，皆為 1.5gw，但乾後水分會蒸發。

四、實驗結果紀錄

表 1-1 不同磁感性原料與乳膠漆混合攪拌的特性比較表

漆特性	市售磁性漆	乳膠漆+磁漆粉	乳膠漆+430 不鏽鋼粉
粉沉澱現象	開封時沉澱	比較不會沉澱	明顯有沉澱
攪拌觸感	很滑順，有阻力	比較滑順，有阻力	有沙沙的感覺，有阻力
混合顏色	深灰色， 顏色均勻	深灰色， 均勻分布黑色點點	白色， 均勻分布淺灰色點點

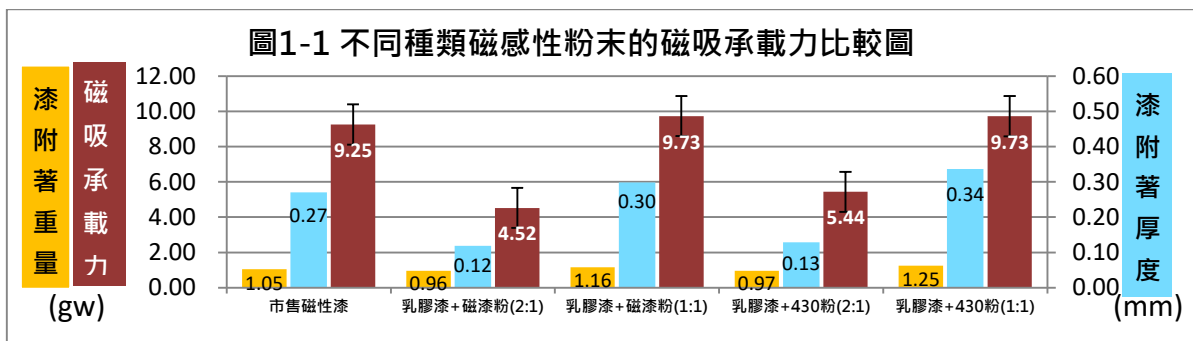


圖 1-1 不同種類磁感性粉末的磁吸承載力比較圖

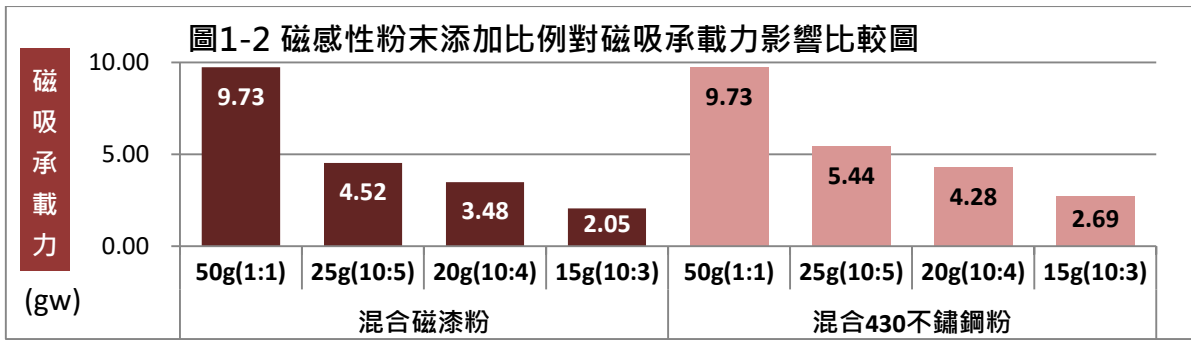


圖 1-2 磁感性粉末添加比例對磁吸承載力影響比較圖

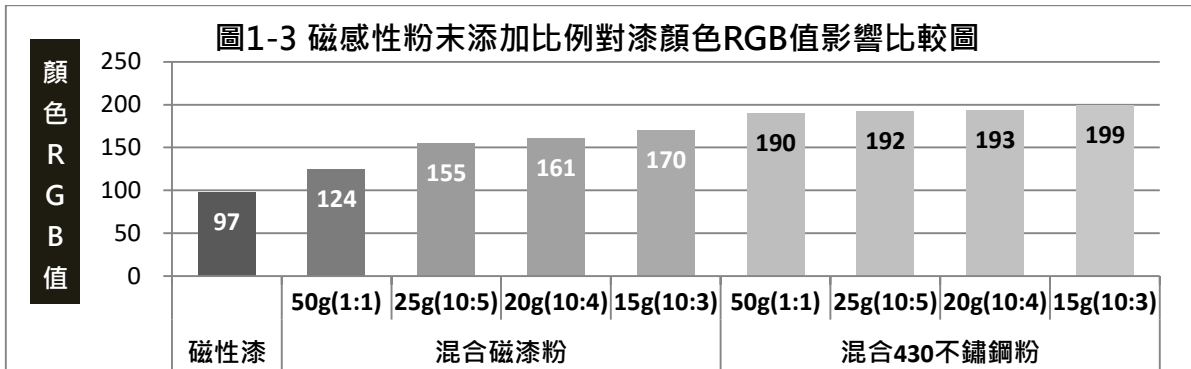


圖 1-3 磁感性粉末添加比例對漆顏色 RGB 值影響比較圖

五、實驗發現

1. 實驗假設部分獲得支持，

(1)原本推估市售磁性漆成份中乳膠漆：磁漆粉=2：1，但根據圖 1-1，可發現其磁吸力只有市售磁性漆的一半而已，因此追加 1：1 的比例進行再次測試，磁吸承載力終於接近市售磁性漆的效能。又乳膠漆與磁感性粉末混合的重量比例相同時，磁吸承載力差不多，430 不鏽鋼粉只比磁漆粉略好一些些。

(2)根據圖 1-2，乳膠漆混合越多量的磁感性粉末，磁吸承載力就越大。

(3)根據圖 1-3，乳膠漆與磁感性粉末混合的重量比例相同時，磁感性漆顏色由深到淺：
磁性漆 > 磁漆粉 > 430 不鏽鋼粉。

六、實驗討論

- 根據乳膠漆：磁漆粉或是乳膠漆：430 不鏽鋼粉以重量為 1：1 做調配，發現顏色比市售磁性漆淺，磁吸承載力則和市售磁性漆差不多，代表市售磁性漆的成份極可能是 430 不鏽鋼粉。
- 430 不鏽鋼粉比磁漆粉的顏色淺，與乳膠漆混合後的漆顏色也較淺，對乳膠漆的原本顏色較不易產生影響，以 430 不鏽鋼粉製作磁性漆似乎更具應用潛力。

實驗二 牆面材質對磁性漆上漆程度的影響探究

一、實驗假設

常見牆面材質有水泥、木板、壓克力和金屬；推測磁性漆在水泥板和木板的上漆程度會比在壓克力板和鋁板好，因壓克力板和鋁板表面光滑，摩擦力會較小，會快速滑過刷子表面，而且孔隙小會使磁性漆不易附著，而木板和水泥板的表面有較多凹凸孔隙紋路，摩擦力也較大，磁性漆比較容易附著。若附著量越多，漆厚度越厚，磁吸承載力會較大。

二、變因操控

1. 操作變因：底板材質(木板、壓克力板、水泥板、鋁板)

2. 控制變因：

器材	操作	環境
底板規格(95*45*2.5mm ³)	塗刷磁性漆的原理與技術	塗漆環境的溫濕度、風力
塗漆滾筒材質(超高密度泡棉)	滾筒上的塗漆量(7gw)	晾乾環境的溫濕度、風力
磁性漆品牌(虹牌)	塗磁性漆的力量(400gw)	
塗刷磁性漆的裝置	塗漆後晾乾一天	

3. 應變變因：漆附著在底板的重量(gw)、厚度/均勻程度(mm)、磁吸承載力(gw)

三、實驗步驟

1. 準備四種材質底板各 3 片，自製或黏貼膠帶來調整各底板的厚度，約 2.52mm。
2. 運用重力拖拉底板原理設計塗漆裝置(第一代塗漆裝置)，裝上塗漆滾筒，讓滾筒底部和測試底板接觸。經過測試，選用 400g 的砝碼(重力)拉動塗漆鑲嵌底板。
3. 每次隨機將 2 片不同材質底板固定在塗漆裝置的鑲嵌底板上，並運用注射筒在滾筒表面均勻擠上相同重量(約 7gw)的磁性漆。
4. 讓砝碼受重力向下掉落，以相近的加速度讓塗漆鑲嵌底板通過塗漆滾筒。
5. 將塗好漆的各材質底板靜置一天晾乾，測量重量並計算每種材質三塊板的平均重量。
6. 將各塗漆底板 6 個座標點用油標尺測量各點厚度，比較厚度分布範圍以及平均值。
7. 將各塗漆底板垂直放入磁力測試裝置，在透明片的 6 個座標點分別用直徑 5mm、厚 5mm 圓型強力磁鐵吸附放有砝碼的夾鏈袋，逐步增加重量到磁鐵出現向下滑動現象，紀錄承載最大重量(代表磁吸承載力)。

四、實驗結果紀錄

表 2-1 四種材質底板的磁性漆附着性質比較紀錄

測量項目		磁性漆附着性質			
		底板材質			
		木板	壓克力板	水泥板	鋁板
重量	平均值(gw)	0.72	0.33	0.78	0.67
	平均值(mm)	0.20	0.16	0.08	0.08
厚度	6*3 點差異最大值	0.41	0.67	0.25	0.31
	6*3 點差異最小值	0.11	0.00	0.00	0.00
	厚度分布範圍差距	0.30	0.67	0.25	0.31
磁吸 承載力	平均值(gw)	2.31	0.14	2.68	0.38
	6*3 點磁吸承載力最大值	3.70	0.63	4.64	1.34
	6*3 點磁吸承載力最小值	1.34	0.00	1.34	0.00
	磁吸力分布範圍差距	2.36	0.63	3.30	1.34

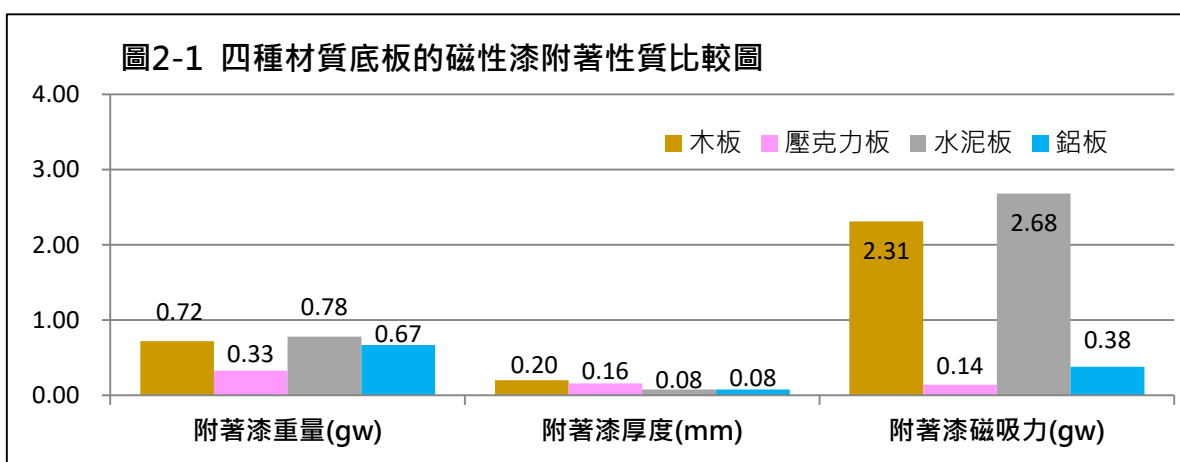


圖 2-1 四種材質底板的磁性漆附着性質比較圖

五、實驗發現

1. 實驗假設獲得支持，磁性漆較容易附着在木板和水泥材質上，平均附著的重量最重，和磁鐵感應產生的磁吸承載力明顯較多，但水泥厚度增加並非最多。
2. 根據厚度增加值的分布範圍比較，磁性漆在木板和水泥板上較能塗刷均勻。
3. 比較磁吸承載力數值的分布範圍，木板和水泥板上雖然數值差異大，但磁吸力都較大；而壓克力板和鋁板看似差異小，但多半是磁吸力很小。

六、實驗討論

1. 水泥的厚度增加不明顯，推測是因為水泥有較多孔隙，漆塗上去時會滲入孔隙中。
2. 用注射筒注射磁性漆在滾筒上時，雖然磁性漆很濃稠，要花較大的力氣擠出，但可以控制磁性漆擠出的量和分布均勻，也可以透過秤重來知道擠出的磁性漆重量。

研究二 探究影響磁性漆磁吸承載力的因素

一、研究想法、策略與實驗規劃

磁力是屬於超距力，當磁性漆的磁感性原料與磁鐵相吸時，必須注意牆面上堆積磁感性顆粒的份量、厚度、接觸的磁鐵大小等都是可能影響磁性漆與磁鐵磁吸承載力的因素。再加上磁性漆顏色為深灰黑色，若想調整漆面顏色，可以考慮與其他顏色水性漆混合，或是在磁性漆表面塗上各色面漆，便可能增加磁鐵與磁感性顆粒的距離，降低磁吸效果。因此設計**實驗三**來比較磁性漆塗刷厚度的磁吸承載力，設計**實驗四**來比較磁性漆和水性漆綜合運用的塗刷策略優劣，設計**實驗五**來比較磁性漆混合三種水性漆的磁吸承載力差異，和設計**實驗六**來比較各種規格磁鐵對磁吸承載力的影響。

實驗三 磁性漆厚度對磁吸承載力的影響探究

一、實驗假設

推測磁性漆的層數越多，磁感性顆粒會越多，磁鐵和磁性漆表面的磁吸力越強，但每多塗一層，原本的一層會與磁鐵距離增加而減弱，使磁吸承載力的「新增加量」漸減，因此磁吸承載力不會與磁性漆層數(厚度)成正比。

二、變因操控

1. 操作變因：磁性漆塗刷層數(兩回合實驗：(1)1~5 層 (2)1、3、5、7 層，[參閱實驗四](#))
2. 控制變因：(1)同實驗二，用重力控制塗刷力道，並將四種材質底板都進行實驗。
(2)同實驗二，用強扭力減速馬達拖拉，只用木板進行實驗
3. 應變變因：漆附著底板重量、漆附著厚度、磁吸承載力。

三、實驗步驟

1. 接續實驗二，每隔一天將四種材質各 3 片重複塗磁性漆，共塗 5 層。
2. 每新增加一層漆，都先靜置一天晾乾，再進行測量。
3. 測量時會隔著一片有標記 6 個測量位置的透明片，所以整體磁吸承載力數值偏低。
4. 第二回實驗，為減低每一層的誤差干擾，改成比較 1、3、5、7 層。
5. 第二回測量磁吸承載力時，拿掉間隔的透明片，磁鐵直接接觸漆面，所以磁吸承載力數值較第一回合實驗高。

四、實驗結果紀錄

第一回合實驗(用重力控制塗刷力道，以四種材質底板做實驗)

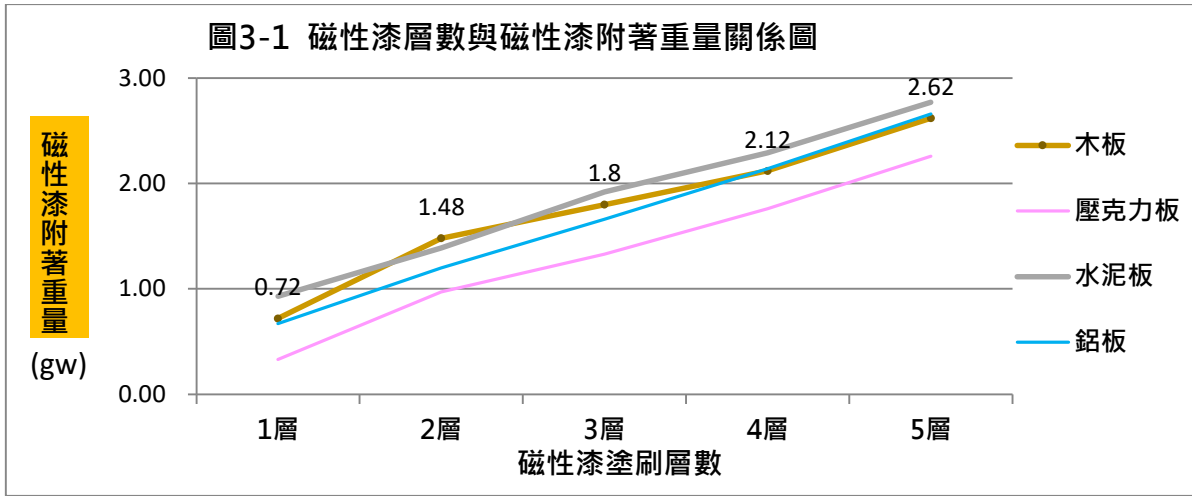


圖 3-1 磁性漆層數與磁性漆附著重量關係圖

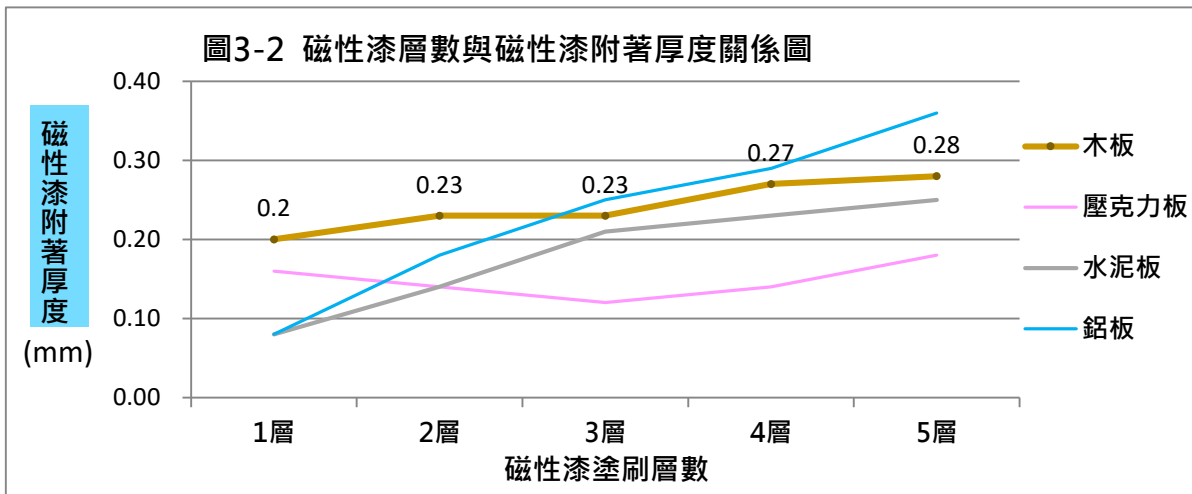


圖 3-2 磁性漆層數與磁性漆附著厚度關係圖

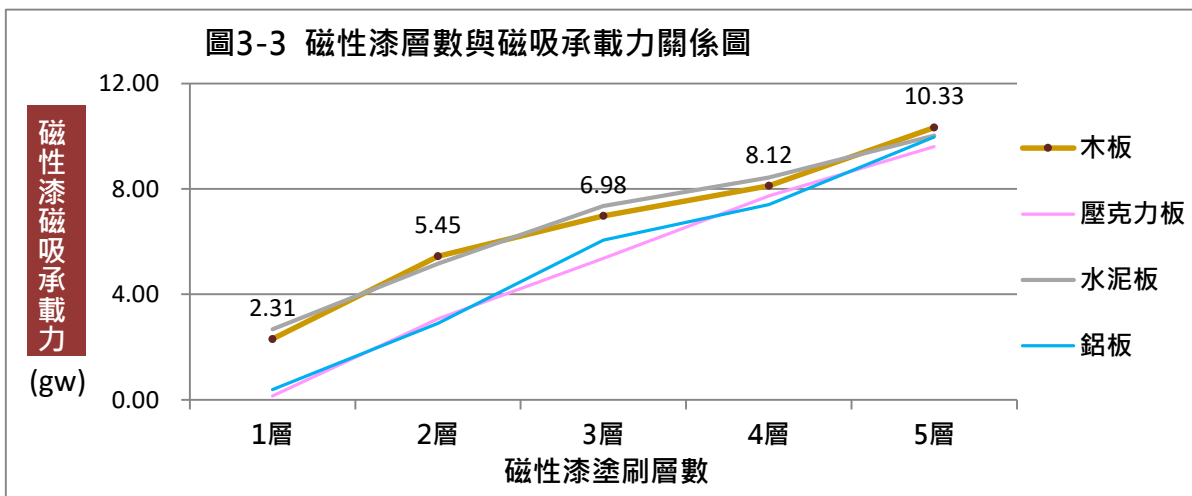


圖 3-3 磁性漆層數與磁吸承載力關係圖

五、實驗發現

1. 實驗假設獲得支持，磁性漆塗的層數越多，磁鐵的磁吸承載力就越大，但未成正比。但因為厚度和重量也並未和層數成正比關係(參閱討論 1)，因此需改進實驗塗刷技術後再做確認。

六、實驗討論

1. 由於第一代塗刷裝置，塗漆滾筒與鑲嵌底板的間距固定，所以刷越多層時，滾筒和漆面距離越來越小，上漆時，漆可能會被刮薄，所以沒有成正比增加。後續應隨著塗刷層數增加來調整滾筒架設高度。
2. 根據實驗二的結果，木板和水泥板的磁性漆附著效果較佳，但在實驗三塗第二層磁性漆時，應該是與底板的材質沒有關係，所以四種材質的磁性漆附著厚度、重量和磁吸承載力並沒有差異越來越大，反而是越來越接近。
3. 鋁板的磁性漆厚度在第三層時明顯增加，可能是因為鋁片本身很軟，製作時是用雙面膠黏在壓克力板上，再加上磁性漆乾後會收縮，讓鋁片產生彎折並翹起。因此用游標尺測量時，為了避免用力夾把磁性漆刮壞，便可能測得較大的厚度。
4. 綜合四種材質的塗刷效果差異，以及考慮到水泥片的製作很麻煩，也很難控制厚度保持均勻一致，所以後續的研究，就全部只用木板來當塗刷底板做實驗。

實驗四 磁性漆加乳膠漆分層塗刷和混合塗刷的磁吸效能比較探究

一、實驗假設

磁性漆一般被設為是功能漆，顏色深灰黑，因此上面可能會再覆蓋一層其他顏色面漆，便會使磁性漆與磁鐵之間的距離增加，減弱一些磁吸力；若是將磁性漆和面漆直接先混和後再塗，可同時調整表面顏色和讓磁性漆和磁鐵直接接觸，但是加上水性漆混合會將磁性漆磁感性成分濃度被稀釋，也會減弱磁吸力，但推測分層塗會比混合塗減弱較多。

二、變因操控

1. 操縱變因：塗漆策略(磁性漆和乳膠漆均勻混合後塗刷和分層塗刷)
2. 控制變因：磁性漆和乳膠漆的塗刷使用量比皆是 1g：0.5g、都用刷子塗。
3. 應變變因：底板附著漆的曬乾後重量和厚度、平均磁吸承載力、顏色 RGB 值。

三、實驗步驟

1. 取 6g 磁性漆和 3g 乳膠漆依 2：1 的比例均勻混合調配出混合漆。
2. 把木板放到電子秤上按歸零，用刷子沾混合漆均勻塗刷至刻度到 1.5g，塗 2 片。
3. 再取另外 2 片木板放在電子秤上按歸零，先均勻塗刷磁性漆 1g；塗完後，靜置 4hr 等乾後，再放到電子秤上按歸零，均勻塗刷乳膠漆 0.5g，再等乾 4hr 後做實驗。

四、實驗結果紀錄

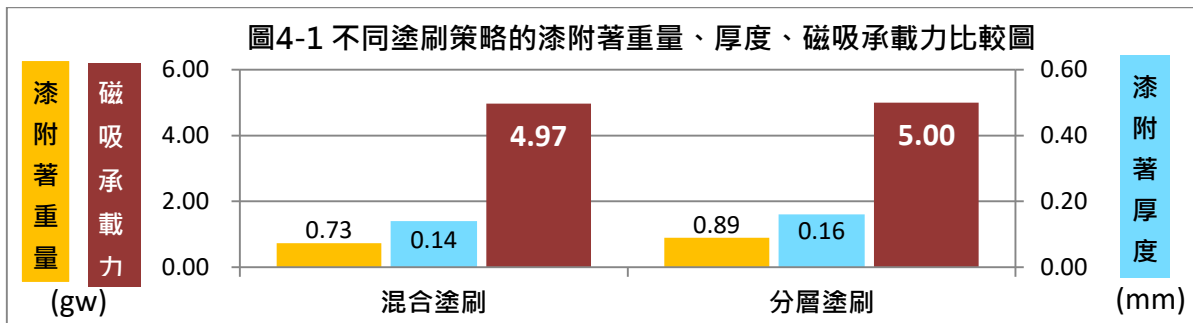


圖 4-1 不同塗刷策略的漆附著重量、厚度、磁吸承載力比較圖

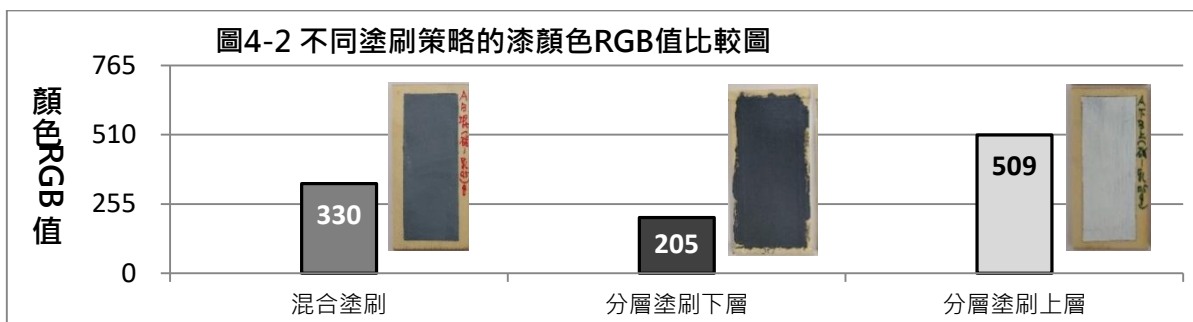


圖 4-2 不同塗刷策略的漆顏色 RGB 值比較圖

五. 實驗發現

1. 實驗假設沒有獲得支持，不管是將磁性漆和乳膠漆混合塗刷或是分層塗刷，磁吸承載力都差不多。

六. 實驗討論

1. 白色乳膠漆只需磁性漆的一半重量，就可以把深灰黑色的磁性漆顏色完全覆蓋，而且乳膠漆增加的厚度對減弱磁吸承載力的影響不大，所以推薦用分層的策略塗刷，既不必稀釋磁性漆，也可以任意更換自己喜愛的面漆顏色。而且如果混合漆被破壞了，就要重新混合磁性漆與乳膠漆再塗刷，成本較高；但如果是分層塗刷，即使外層的乳膠漆(面漆)被破壞，因為底部的磁性漆依然存在，只要用成本較低的乳膠漆修補即可，比較省錢。

實驗五 磁性漆添加各類水性漆的混合效果比較探究

一、實驗假設

市售水性漆有三種，成分、1L 的重量和售價都不同，推測和磁性漆混合後會有不同的質感，也會讓磁吸承載力不同。若是混合越多水性漆，則會讓磁吸承載力變越差。

二、變因操控

- 操縱變因：(1)混合的水性漆種類(乳膠漆、水泥漆、調合漆)
(2)磁性漆與水性漆的體積混合比例(純磁性漆、10:2、10:4 三種)
- 控制變因：混合漆添加量(用注射筒擠 5ml)、都用 6V 慢速強扭力馬達施力塗漆。
- 應變變因：底板附著混合漆的重量，平均漆附著厚度、平均磁吸承載力。

三、實驗步驟

- 測量磁性漆、乳膠漆、水泥漆、調合漆 1L 裝的重量。結果如下表。

水性漆種類	磁性漆	乳膠漆	水泥漆	調合漆
1L 的大約重量	2.9kg	2.1kg	1.5kg	1.5kg

- 依照 2 種容量比例將磁性漆分別與三種水性漆混合後，取相同 5.0ml 塗刷在木板。

四、實驗結果記錄

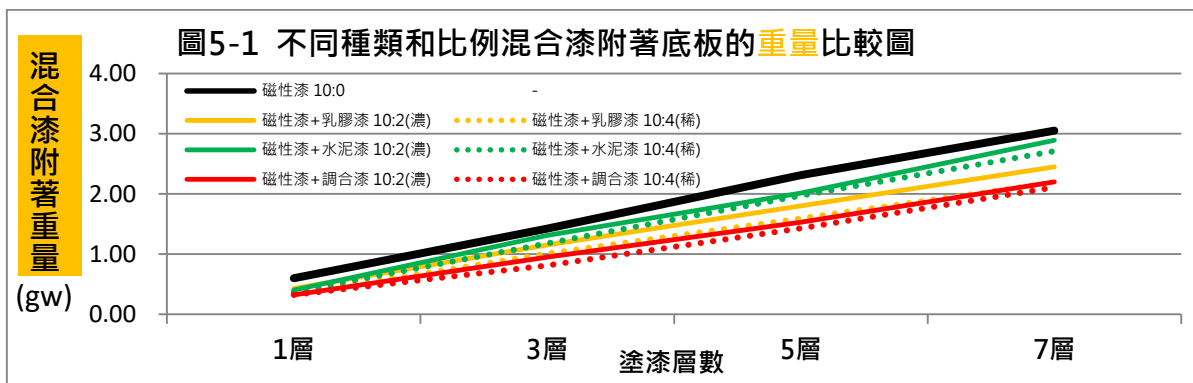


圖 5-1 不同種類和比例混合漆附著底板的重量比較圖

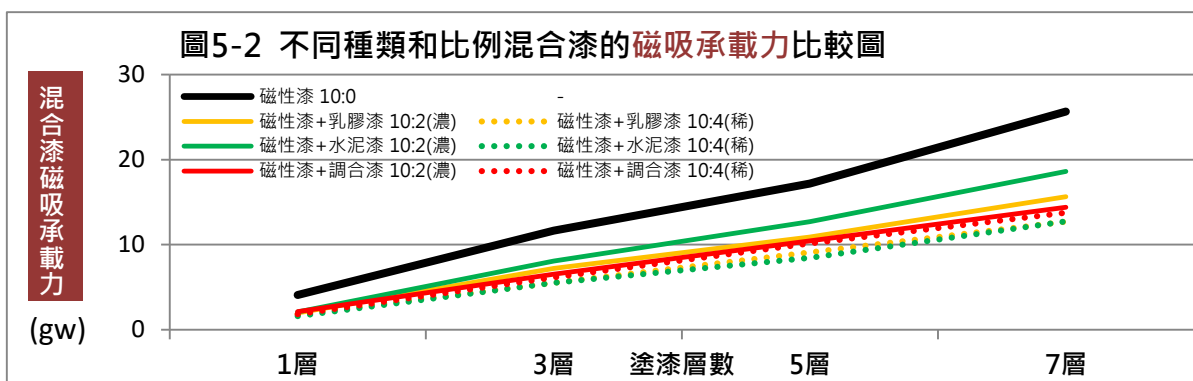


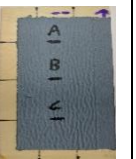
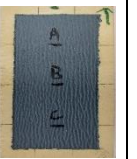

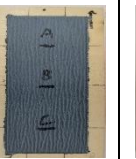



圖 5-2 不同種類和比例混合漆的磁吸承載力比較圖

表 6-4 三種混合漆附著底板的顏色深淺比較紀錄

RGB 數值 總和	磁性漆	磁性漆+乳膠漆		磁性漆+水泥漆		磁性漆+調合漆	
	10:0	10:2	10:4	10:2	10:4	10:2	10:4
塗七層 照片							

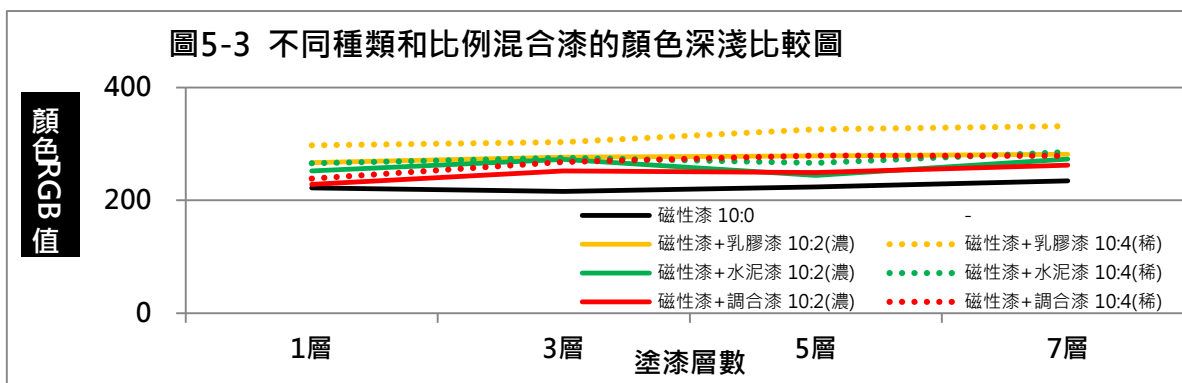


圖 5-3 不同種類和比例混合漆的顏色深淺比較圖

五、實驗發現

- 實驗假設獲得支持，三種白色水性漆與磁性漆混合後，在調配濃度相同的條件下，
 - 與磁性漆的互容性有些微差異，攪拌容易度：乳膠漆>調合漆>水泥漆
 - 磁吸承載力大小：磁性漆 > 磁性漆+水泥漆 > 磁性漆+乳膠漆 > 磁性漆+調合漆
 - 顏色由深到淺是：磁性漆 > 磁性漆+調合漆 > 磁性漆+水泥漆 > 磁性漆+乳膠漆
- 重做塗漆層數比較，發現結果與實驗三相似，磁吸承載力並沒有與層數成正比增加，只有緩緩增加。

六、實驗討論

- 由於前面實驗三測量磁吸承載力時，會受到定位樣本點用的透明片和夾鏈袋薄膜影響，會增加磁鐵與磁性漆板的距離，也會減少摩擦力，使測量值偏低。因此調整測量技術，直接在測試板表面用奇異筆標記測量點位置，並將裝砝碼夾鏈袋上方打洞，直接套掛在磁鐵上方，讓磁鐵可直接接觸磁性漆面，測量數據因此更能代表磁吸承載力大小。
- 考量塗越多層漆後，鑲嵌底板通過塗漆滾筒下的縫隙空間會變小，容易將漆刮除，降低漆的附著量，所以會隨著漆厚度增加，在軌道下方墊一個薄墊片(約 0.5mm)，讓每層滾筒底部和測試底板的間距是一樣的，盡力達到嚴謹的變因操控。

實驗六 磁鐵規格與磁性漆的磁吸力強度關係探究

一、實驗假設

在磁鐵種類相同條件下，推測圓型磁鐵直徑越大或越厚，吸附磁性漆的磁吸承載力越大。另外，塗上黑板漆增加書寫功能時，預測磁鐵與磁性漆的間距增加，磁吸承載力會減弱。

二、變因操控

1. 操作變因：(1)磁鐵的規格(磁鐵的直徑、磁鐵的厚度)，(2)磁鐵與磁性漆的間距
2. 控制變因：底板塗磁性漆的層數皆為 5 層
3. 應變變因：磁鐵與磁性漆的磁吸承載力

三、實驗步驟

1. 選取實驗三塗五層磁性漆的壓克力板和木板各二片，並將其中一片塗兩層黑板漆。

四、實驗結果紀錄

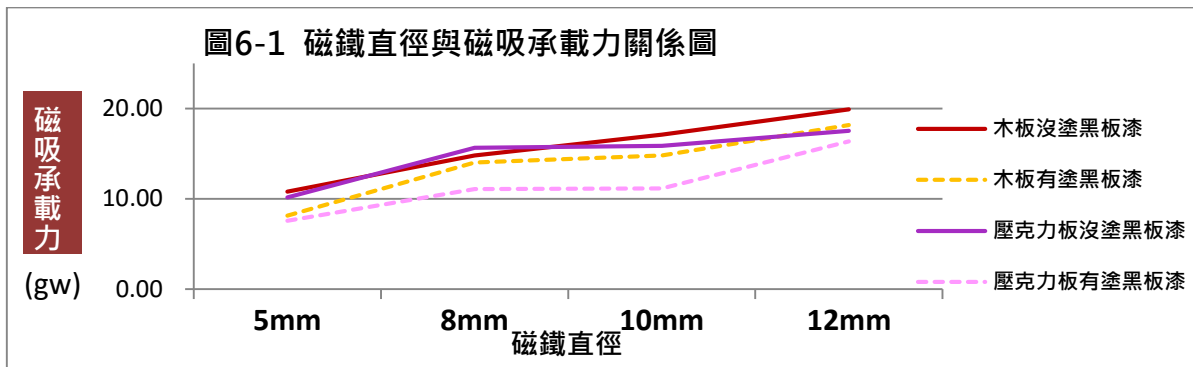


圖 6-1 磁鐵直徑與磁吸承載力關係圖

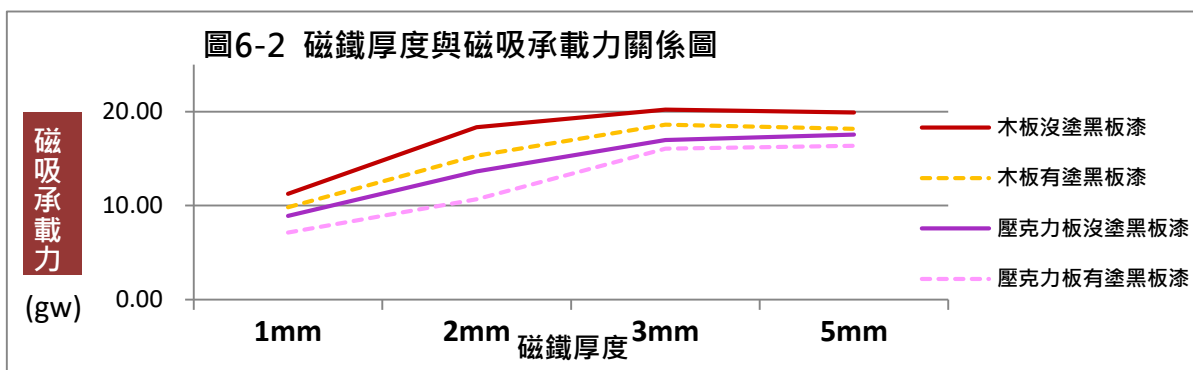


圖 6-2 磁鐵厚度與磁吸承載力關係圖

五、實驗發現

1. 實驗假設得到支持，(1)磁鐵的直徑越大或厚度越厚，磁吸承載力越大。
(2)塗黑板漆使磁鐵與磁性漆間距增加，磁吸承載力會減少。

研究三 探討可自製磁性漆的材料與技術

一、研究想法、策略與實驗規劃

與一般水性漆相比，磁性漆添加高科技磁感性原料，價格較昂貴，除了在研究中購置同樣成本偏高的 430 不鏽鋼粉來自製，我們思考和查詢到暖暖包裡的主要成分也是具有磁感性的鐵粉，而且有相關研究指出，生鏽的氧化鐵(Fe_2O_3)應該是不具有磁感性的，但暖暖包即使反應完畢不再發熱後，裡面已氧化的鐵粉(以下簡稱「暖包鏽粉」)還是會有磁感性，或許可用來自製磁性漆，不僅可降低磁性漆的製作成本，也可幫忙解決暖暖包沒有回收價值的問題，很環保。因此設計**實驗七**來探究以暖包鏽粉自製磁性漆的磁感性效果，設計**實驗八**探究暖包粉拆封後反應時間對自製磁性漆的效能影響。

實驗七 以暖包鏽粉自製磁性漆的磁感效能探究

一、實驗假設


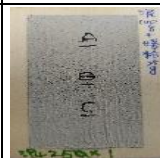
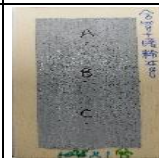
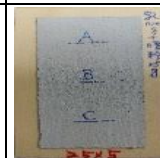
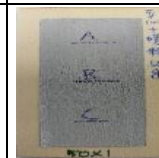
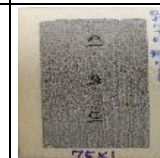



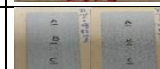


鐵生鏽後仍有磁感性，因為鐵鏽只在顆粒表面，內部會殘有一些鐵。推測在三種水性漆中加入暖包鏽粉(以下簡稱「暖包鏽粉漆」)，也可做成磁性漆，加入越多，顆粒越細、塗刷越多層，磁吸承載力會越大。

二、變因操控

1. 操縱變因：
 - (1)與暖暖包鐵鏽粉混合的水性漆種類(乳膠漆、水泥漆、調合漆)
 - (2)暖包鏽粉添加量，並用磁漆粉做對照
 - (3)暖包鏽粉漆的塗刷層數(厚度)
 - (4)暖包鏽粉顆粒粒徑(未研磨的粗顆粒、有研磨過篩的細顆粒)
2. 控制變因：暖暖包品牌、暖暖包開封時間都是 2 天
3. 應變變因：混合漆附著重量和厚度、平均磁吸承載力、暖包鏽粉漆顏色 RGB 值

三、實驗步驟

1. 實驗分組如下表

混合種類	100g 乳膠漆 +25g 磁漆粉	100g 水泥漆 +25g 暖包粉	100g 調合漆 +25g 暖包粉	100g 乳膠漆 +25g 暖包粉	100g 乳膠漆 +50g 暖包粉	100g 乳膠漆 +75g 暖包粉
塗刷 1 層						
塗刷 3、5 層						

四、實驗結果記錄

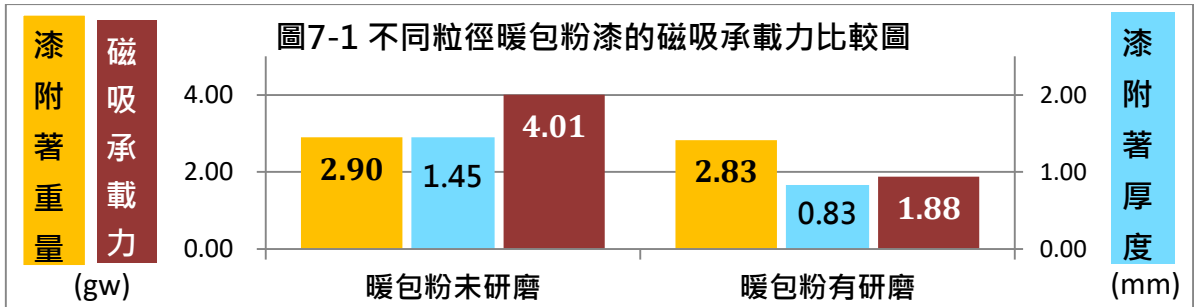


圖 7-1 不同粒徑暖包粉漆的磁吸承載力比較圖

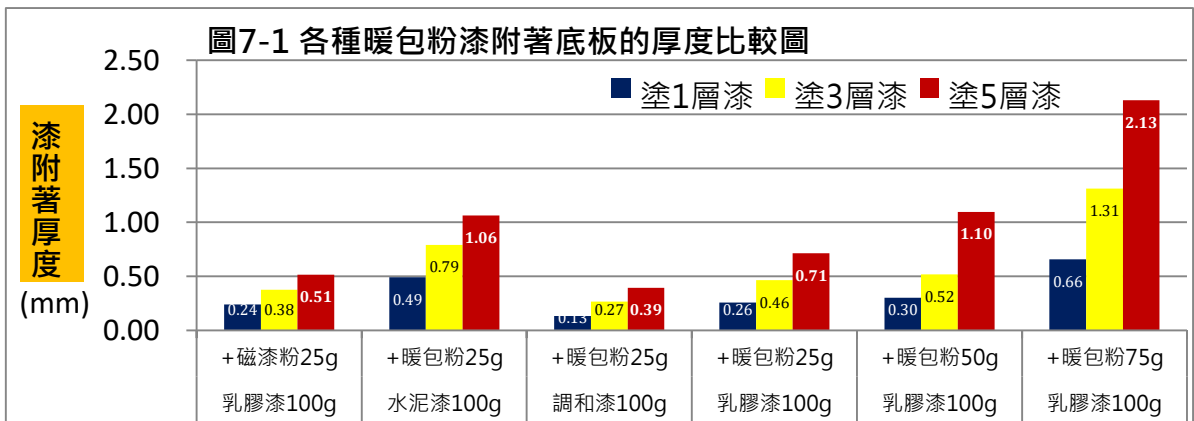


圖 7-1 各種暖包粉漆附著底板的厚度比較圖

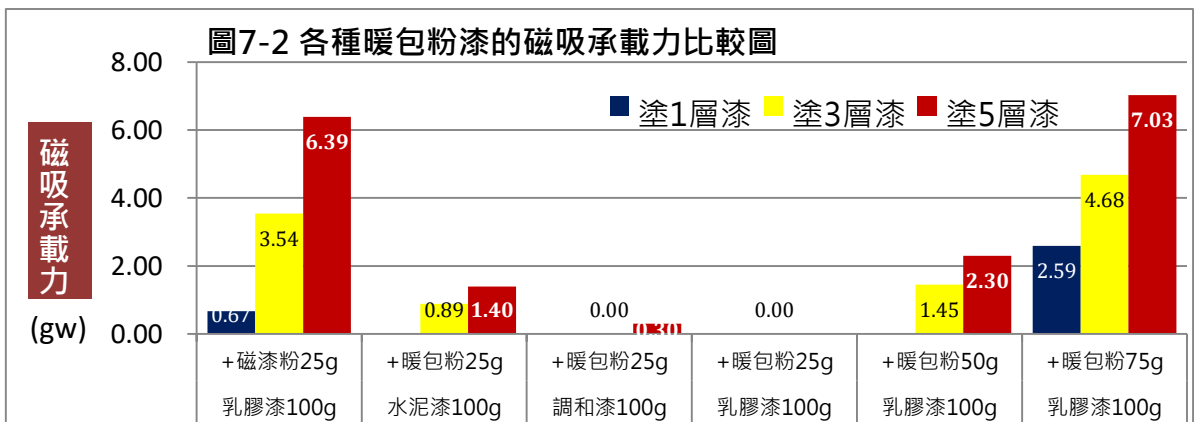


圖 7-2 各種暖包粉漆的磁吸承載力比較圖

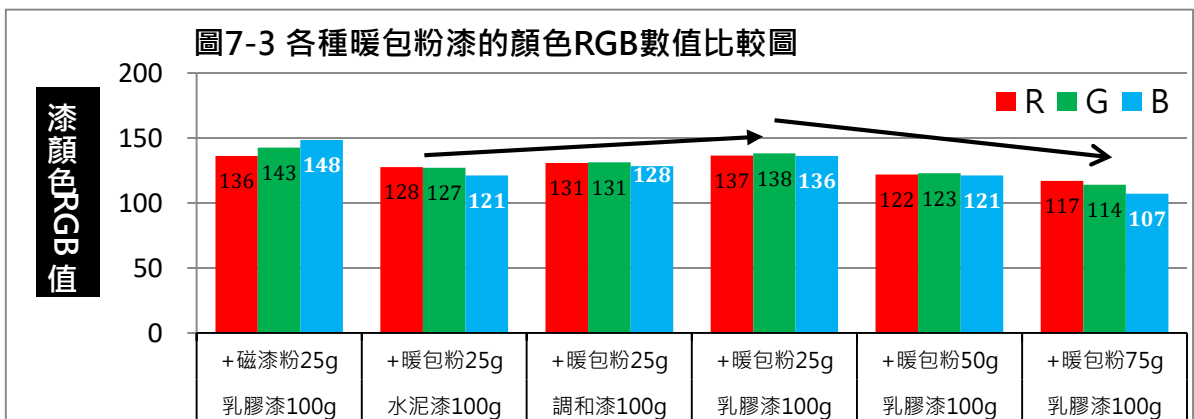


圖 7-3 各種暖包粉漆的顏色 RGB 數值比較圖

五、實驗發現

1. 實驗假設大部分獲得支持，

- (1) 暖包鏽粉仍有磁感性，將適量暖包粉和三種水性漆均勻混合後，可製成磁感性漆。
- (2) 乳膠漆加未磨的粗暖包鏽粉會很難上漆，漆面凹凸不平，厚度差異大，研磨過的細暖包鏽粉，較容易均勻塗刷上漆，漆厚度差異較小。
- (3) 塗粗暖包鏽粉漆時，各位置的磁吸承載力差異大，但平均值比細暖包鏽粉漆大。
- (4) 在相同重量水性漆(100g)中加入暖包粉，乳膠漆和調合漆大約都可將 75g 的暖包粉均勻混合，但水泥漆加入 50g 粉就已經有許多結塊，無法均勻攪拌。
- (5) 水性漆與細暖包鏽粉均勻混合後，暖包鏽粉漆的濃稠度：水泥漆>乳膠漆>調合漆，會影響塗漆厚度。而且加入暖包鏽粉越多，塗抹一層的厚度就會越厚。
- (6) 根據圖 7-2，乳膠漆加入暖包粉越多，以及塗越多層，磁吸承載力會較大。
- (7) 乳膠漆 100g 加 75g 暖包粉時，磁吸承載力約可超過加磁漆粉 25g 的磁吸承載力。
- (8) 白色水性漆與暖包粉混合後，顏色較偏褐色。和磁漆粉比較，加暖包鏽粉的 R 值會和 G 值差不多或略高一些，且明顯較 B 值高。

六、實驗討論

1. 粗暖包鏽粉的平均磁吸承載力比較大，推測是因為鐵鏽粉顆粒越大，就代表裡面未生鏽的鐵粒應該也會越大，和磁鐵的磁吸承載力就會越大。又因塗漆表面凹凸不平，磁鐵會被較凸出的顆粒阻擋，接觸不到凹下的表面，所以挑選的 9 個位置所測到的磁吸承載力都比較高。
2. 由於 1L 磁性漆的重量為 2.9kg，而 1L 乳膠漆重量為 2.1kg，兩種漆重量相差約 0.8kg，代表磁性漆中的磁感性原料至少有 0.8kg，再加上磁感性原料所佔的體積，推算乳膠漆應該不到 2.1 公斤，所以我們決定先用磁性漆：暖包粉=2：1 為標準比例來調整和比較不同比例(水性漆：暖包鏽粉=100：25、100：50、100：75)的磁吸承載力。
3. 藝術課有教過，紅色加上綠色會變棕色，且顏料加入越多，棕色越深。而暖暖包中的鐵粉生鏽後，便會呈現深棕色，藉此推測這是暖包鏽粉漆的 R 值和 G 值數值佔比都比較高的原因。

實驗八 暖包粉的鐵粉反應時間對自製磁性漆的效果影響探究

一、實驗假設

推測暖暖包開封越久，殘留越少的未生鏽的鐵，暖包鏽粉漆的磁吸承載力會比較弱。

二、變因操控

1. 操縱變因：暖暖包內的鐵粉生鏽程度(開封後分別放置 1、3、5、7 天)
2. 控制變因：暖包鏽粉粒徑、暖包粉末開封後均勻平攤放置的容器面積(10*10cm²)。
3. 應變變因：底板附著漆的曬乾後重量、厚度、平均磁吸承載力、顏色 RGB 值。

三、實驗步驟

1. 依序在實驗前 7、5、3、1 天的早上 8:00 打開一包暖暖包，將裡面的鐵粉和催化成份均勻平攤在 10*10*1.5cm³的塑膠淺盤中，讓四份暖暖包的鐵氧化時間不同。
2. 將四組暖包鏽粉各 30gw 分別加入 100g 乳膠漆中均勻攪拌，並控制塗刷重量為 3g。

四、實驗結果記錄

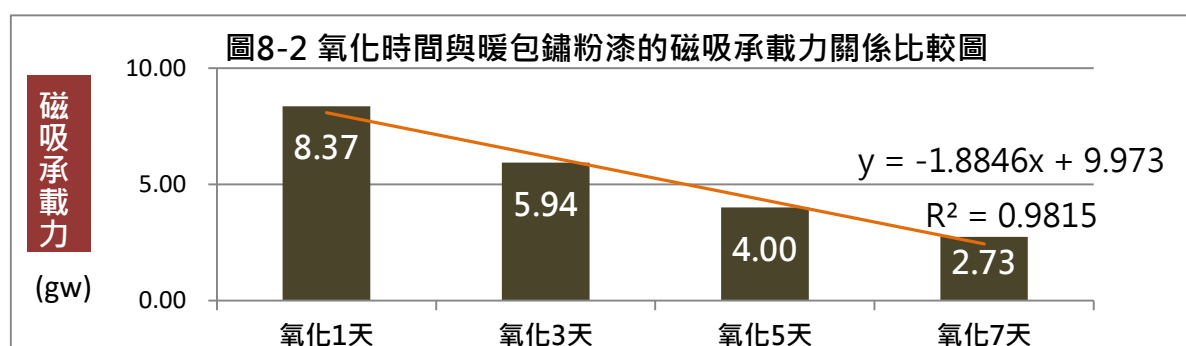


圖 8-2 氧化時間與暖包鏽粉漆的磁吸承載力關係比較圖

五、實驗發現

1. 實驗假設獲得支持，在相同面積木板上塗刷重量相近的暖包鏽粉，當氧化時間越久，磁吸承載力就越小，但顏色差異不大。

六、實驗討論

1. 這個實驗應該將 7 天的空氣溫度、濕度、空氣流通程度設定為控制變因，要保持相同。但是在操縱暖暖包反應時間的 7 天中，自然教室環境的空氣溫度、濕度實在很難控制相同，還好開啟天數多的暖包鐵粉都會和天數少的暖包鐵粉有經過相同的空氣環境，所以開啟越久的暖包鐵粉一定會與空氣或濕氣接觸越多，應該可以做為鐵與空氣(氧氣或水氣)反應時間長的代表。

研究四 探討創意應用磁性漆的方法

一、調查想法、策略與實驗規劃

磁性漆的商品應用介紹多以塗刷在牆面為主，功能單一！但在研究期間，我們注意到即使是不小心滴落在桌面或是沾附到遮蔽膠帶上的一點點磁性漆、以及漆桶壁上乾掉的漆也都具有不錯的磁感性，非常珍貴！另外，根據前三項研究結果，我們知道磁性漆必須和磁鐵一起運用，才能讓磁感性發揮作用，也知道操控磁性漆與磁鐵之間磁吸力的技術，因此便想應用這些發現來改造教室後方殘破不堪的牆面，讓教室中的牆面空間有更多種運用方法，也想嘗試製作一些有趣的教室桌遊來調劑我們的下課時光，不僅可以增加益智學習與生活趣味，也可減少資源浪費問題。以下便舉出幾項應用設計成果：

實驗九 運用磁性漆改造教室牆面或設計益智桌遊探究

(一) 重建教室的半壁江山

原本牆面：有用雙面膠帶黏貼的海報，可以看到牆上殘留許多撕不掉的膠帶痕跡。



用磁性漆重建過程：

- 根據實驗三研究結果得知，磁性漆塗越多層(越厚)，與磁鐵之間的磁吸力越大，因此我們將牆面的膠帶凸起部分與灰塵先用海綿刷擦拭一遍，再刷了四層磁性漆。
- 牆面積為長 248cm*高 134cm，一桶 1L 的磁性漆(售價 1199 元)，大約可刷 3 層。
- 第一層是用研究過程剩餘的漆塗刷。後續預計再刷三層，讓磁吸力更強，以便彌補表面再塗 2 層黑板漆時會稍微減弱磁吸承載力的現象，讓牆壁可以有更多用途。



磁性漆重建成果與應用性：

- 牆面煥然一新，雖然深灰色較暗，但是之後可以再刷上黑板漆或是淺色油漆。
- 用各種磁鐵測試，以強力釹鐵硼磁鐵吸附效果較佳，幾乎都可以吸住。普通黑色鐵氧體磁鐵吸力較弱。
- 一張海報約 86gw，根據實驗六的 3~5 層漆數據，大約需要 6 顆 5mm*5mm 小磁鐵。實際吸附時，發現 4 顆就勉強吸住，可能是手刷比塗刷儀器塗的漆要厚一些。
- 用磁鐵固定海報或是學生的作品，更換方便，也不會破壞牆面。
- 可在牆面設計須要動手操作的學習問題，例如海報上的尋找北極星方法，可用磁鐵代表星星，讓學生自己探索測量方式。
- 可將學生在磁性小白板的分組討論紀錄貼在牆上作展示和交流。
- 將掛勾黏貼強力磁鐵，再將掛勾吸附在牆上，可用來吊掛抹布、牙杯等物品。
- 若有需要，還可以再塗上一層黑板漆，變成學生表達想法的塗鴉牆。

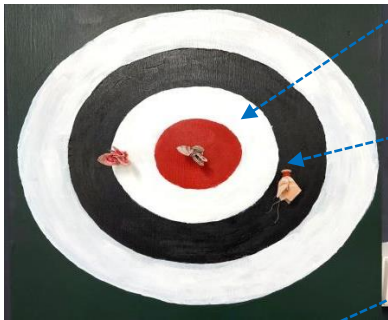


(二) 創造教室的益智遊戲區

桌遊設計原則：

- 資源再利用、一物多用，具益智性、操作性、互動性、趣味性、安全性、美觀性

1. 磁力鏢



- 標靶是利用磁性漆塗在板子上製成，每一圈塗漆層數不同而產生自製磁力鏢越內圈的磁吸力越小、難度越高，具益智性。
- 利用磁力使飛鏢吸上標靶，具操作性與趣味性，而且飛鏢不用時也可當成磁鐵來吸附海報，符合一物多用的概念。
- 飛鏢則是用布包住強力磁鐵，降低磁鐵撞擊標靶時被撞碎，具安全性。
- 透過磁鐵規格和包覆布厚度來改變磁吸力，布的材質會影響磁鐵飛鏢和標靶皆觸時的摩擦力，也會影響磁吸承載能力，具益智性與互動性。

2.磁牆迷宮



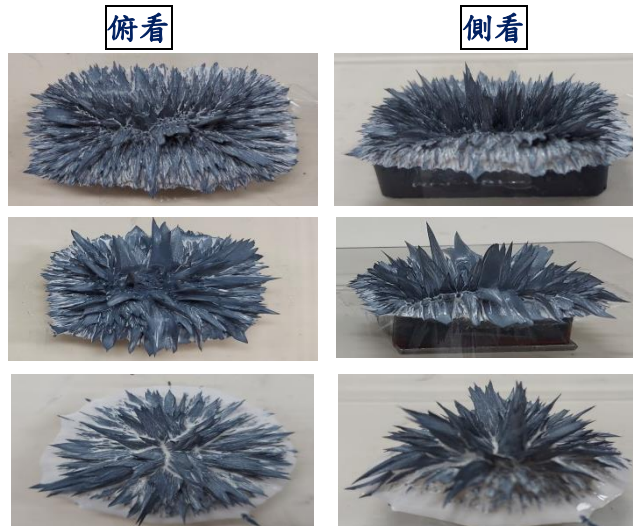
- 以注射筒擠出實驗未用完的磁性漆，資源利用，在硬卡紙上繪製具趣味性的迷宮路徑，讓路徑邊牆和磁鐵有磁吸力，而邊牆厚度會影響磁感性，具益智性。
- 遊戲規則可由參與者自創，具益智性和互動性。
- 參賽者可以用輕質土包覆一般黑色小磁鐵或是自然老師蒐集的破碎磁鐵(學生實驗時摔壞的)製作走迷宮的小玩偶，具資源再利用與操作性。
- 輕推小玩偶走迷宮時，要控制力道以避免被路徑兩邊磁性漆牆吸住。遊戲過程可以訓練專注力、手指控制力道、耐性和思考能力，具益智性、操作性、互動性、趣味性。

3.百變棋盤



- 在淘汰的舊課桌桌面中間塗刷3層磁性漆，並用雙色布膠帶黏在磁性漆上，形成具美觀性的雙色棋盤，桌子傾斜，棋子不會掉落，具安全性。
- 下棋規則可由參與者自創，也可多人分組對弈，具益智性和互動性。
- 邊緣用實驗中蒐集的不規則磁性漆塊作拼貼，是資源再利用。再在高低不同的磁性漆斑塊上塗一層黑板漆，凸起的斑塊再塗上淺色壓克力顏料。變成可以玩跳棋或其他自創益智遊戲的區域。
- 用輕質土包覆無法用在教學的破碎磁鐵來製作棋子，是資源再利用。磁鐵可能是N或S極朝下，造成棋子容易相吸。為了不讓棋子隨意相吸，可讓磁鐵都是同極朝下，底下磁力較強(黏土較薄)位置就會相斥，具益智性。
- 將棋子表面畫上可愛表情，增加遊戲時的趣味，具趣味性與美觀性。

4.磁力線觀察教具



- 用透明片蓋在磁鐵上面，再用水彩刷沾少量磁性漆靠近透明片上方，流體的磁性漆會呈現明顯磁力線。效果比一般鐵粉更清晰、立體，極具益智性。
- 也可用透明盤裝一些磁性漆，再拿磁鐵從下方靠近，盤內磁性漆也會呈現磁力線，具操作性與趣味性。
- 等磁性漆乾掉後可以將磁鐵拿走，但仍可以保留磁力線的模型，可以方便將兩個不同的模型做比較，是對學生學習很有幫助的教具。

肆、研究討論

一、磁性漆真的有磁性嗎？

水性磁性漆具有類似鐵粉的磁感性原料，而非磁鐵粉。我們有做一個簡易測試來確認磁性漆本身是否有磁性，就是將迴紋針放在已塗五層磁性漆的板子上，結果發現迴紋針並沒有被磁性漆吸住，只有磁鐵可以吸附在磁性漆上，所以證明磁性漆本身不具有磁力，厚厚的磁性漆就等於是一塊鐵板，好讓磁鐵可以吸附上去。因此，以實驗結果來分析，我們認為「磁性漆」這個名字似乎不恰當，因為它會使沒有實驗過的人以為磁性漆本身有磁力，而事實並非如此，它其實只可以讓磁鐵吸附，而非代表它有可吸住鐵製品磁力。

二、還有增加磁性漆和磁鐵之間磁吸力的技術嗎？

我們發現磁鐵和磁性漆之間吸夾的物品厚度和表面材質(摩擦力不同)也會影響磁吸力，例如吸附海報是光滑還是粗糙紙質，就會有不同的磁吸強度。不過，如果真的無法再增強磁鐵和磁性漆之間的磁吸力，那就多用幾個磁鐵，平均承載物品的重量。

三、磁性漆與磁鐵的磁吸力有什麼應用限制？

目前我們選用的強力磁鐵是直徑 12mm*厚度 5mm 圓形磁鐵，吸附五層磁力漆的測試結果大約只有 20gw，承載力並不大，所以要掛很重的物品可能會有困難。再加上大顆強力磁鐵的價格昂貴，(例如：直徑 20mm*厚度 5mm 圓形強力磁鐵一顆約 50 元)，所以在花費數千元購買磁性漆之外，也要花費不少錢買強力磁鐵。

四、430 不鏽鋼粉可以取代市售磁性漆的高科技磁感性原料嗎？

估算用 430 不鏽鋼粉末製作磁性漆的成本，1kg 約 580 元(這是零售價格，如果工廠大量購買，會便宜很多)，再加上 1L 裝乳膠漆的價格，約 288 元，成本約 876，比 1L 的市售磁性漆(1199 元)低，加上對漆的原本顏色干擾較少，又有較大的磁吸承載力，值得推薦。

五、暖包粉可以取代市售磁性漆的高科技磁感性原料嗎？

暖包鏽粉的磁感性雖比不上 430 不鏽鋼粉和市售磁性漆，但若沒有要磁吸過重的物品，只要在乳膠漆中增加暖包粉末濃度，並多塗幾層，磁力或許足夠。而且利用暖包粉自製磁性漆，不僅成本低，也十分環保，可以解決廢棄暖包粉無法回收的問題。只不過做出來的漆料較為濃稠，且難攪拌，可以依照個人需求與技術來決定要不要取代。

伍、研究結論

綜合本研究四個子研究和九個實驗發現來回應研究目的，提出以下四項結論：

- 一、 磁性漆被命名為有磁性，其實是有「磁感性」的鐵合金，很高機率是極細的 430 不鏽鋼粉末，可以讓磁鐵吸附，但無法吸附鐵製品的物質。市售磁性漆的調配，大約是磁感性原料和乳膠漆以 1:1 的比例均勻混合製成，塗在表面粗糙有細小孔隙材質的水泥或木質牆面上能有較佳的附著量，使其與磁鐵的磁吸效能會較佳。
- 二、 影響磁鐵和磁性漆之間磁吸力的因素很多，包括磁性漆塗刷厚度越厚、選用磁性較強的磁鐵種類和選用體積規格較大的強力磁鐵都能明顯增加磁吸力，但塗刷厚度和磁感性能力不成正比，磁鐵以接觸面積大比厚度厚更能增加磁吸力。另外，磁鐵和磁性漆之間吸夾的物品厚度和表面材質(摩擦力不同)也會影響磁吸力。若是為調整漆面顏色，將磁性漆和水性乳膠漆用同比例分量混合塗刷或是分層塗刷，磁吸承載力都差不多，但以分層塗刷較具施作和長期維護磁吸效能的優勢。
- 三、 若要環保自製磁性漆，可以將暖暖包用畢的鐵鏽粉末研磨，再加入乳膠漆、調合漆或是水泥漆中以適當比例均勻混合自製，並以乳膠漆較易與高比例磁感性原料均勻混合，由於暖包粉是廢棄物，只需回收就可獲得，可以明顯減少製作成本。若是要與市售磁性漆粉末有相近磁吸效能，暖包粉大約需要 3 倍的份量；而且暖包粉末最好是選擇剛使用完畢(不再發熱)的會有較佳磁吸承載效能，或是先將用畢暖包粉再次密封隔絕氧氣和濕氣，以減緩暖包中鐵粉繼續氧化。
- 四、 要創意應用磁性漆，必須先瞭解磁性漆的特性和承載極限，再來設計生活應用方式或規劃遊戲裝置的規格。而磁性漆優於一般鐵板的是，可以附著在現有任何平坦或不規則物品的表面上，甚至讓一些可能是廢棄的物品產生新面貌、新功能；也可以透過調整塗刷厚度來操控不同磁吸力、製造出多變的磁吸設計或裝置。

未來展望：希望能進一步研究市售磁性漆和自製環保磁性漆的效能維持時間實驗，看看這些磁性漆會不會隨時間減弱它和磁鐵之間的磁吸力。也希望能探查和回收生活中其他含有大量鐵鏽物質來做自製磁性漆，並分析比較他們的效能。

陸、參考文獻資料

1. 不鏽鋼。科學 Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=46478>
2. 水性磁性漆。取自:<https://www.rainbow-house.com.tw/products/3HC/detail>
3. 永久磁鐵。取自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B8%E7%A3%81%E4%BD%93>
4. 合金。取自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%90%88%E9%87%91>
5. 陳瑞凱、詹益愷（2014）不鏽鋼種類與材質磁性的關係。國立清華大學。
<https://www.fda.gov.tw/upload/133/2014071412092782178.pdf>
6. 暖暖包原理。科學 Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=54196>
7. 磁。取自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81>
8. 磁化強度。取自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E5%8C%96%E5%BC%B7%E5%BA%A6>
9. 磁性物質。科學 Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1629>
10. 磁場。科學 Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?cat=30>
11. 磁鐵。科學 Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2618>
12. 磁鐵。取自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E9%90%B5>
13. 鐵素體不鏽鋼。百科知識。取自:
<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E9%90%B5%E7%B4%A0%E9%AB%94%E4%B8%8D%E9%8F%BD%E9%8B%BC>

【評語】 082918

本實驗以磁性漆自製技術為主，並與高科技磁感性原料比較，實驗設計與架構完整，以實驗假設進行目的探究，各項變因操控順利完成每項實驗。並進一步思考其它的環保替代品。結果顯示磁性漆成份可能為 400 系列不銹鋼，此外也試著將暖暖包二次利用，作為磁性漆的原料。使用暖暖包廢棄材料轉換，其中的鐵鏽可能有繼續氧化的問題，導致磁性漆的效能下降，建議可設計實驗了解。

作品海報

重建教室的半壁江山—磁性漆的

應用特性與環保自製技術探究

壹、研究動機

教室的殘破牆面、不美觀！用途少！

想改造！

查詢發現

顏色深！

價格貴！

有磁性？

先探究、再應用

原料是磁鐵粉？

磁吸力強嗎？

可以自製嗎？

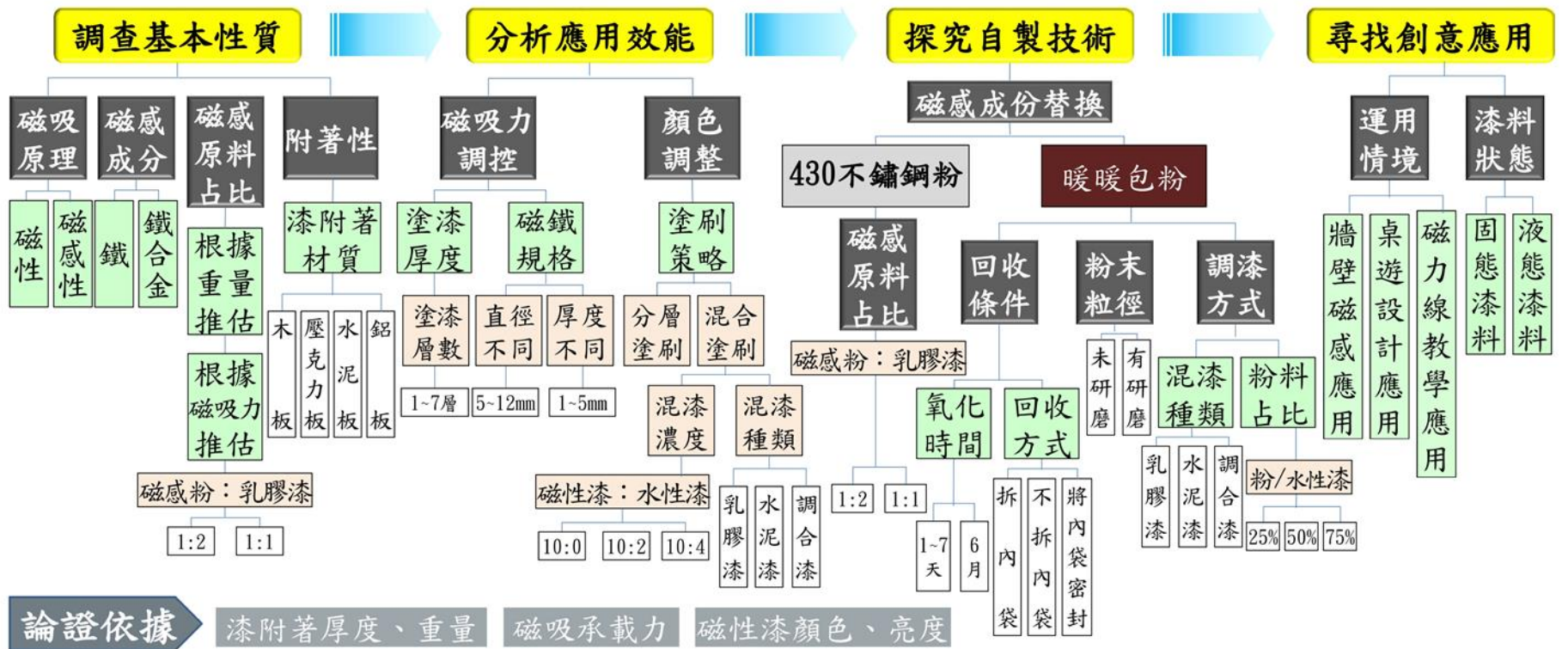
只能塗牆壁？

貳、研究目的

- 一 調查與探究磁性漆的成分和性質
- 二 分析影響磁性漆磁力大小的因素
- 三 探討自製磁性漆的材料與技術
- 四 尋找創意應用磁性漆的方法

參、研究架構與研究方法

一、探究流程與架構



二、研究器材與備置技術

塗漆鑲嵌底板	塗漆力量控制裝置(馬達捲動棉繩，拖拉塗漆底板)	磁吸承載力測試裝置	用畢暖暖包粉

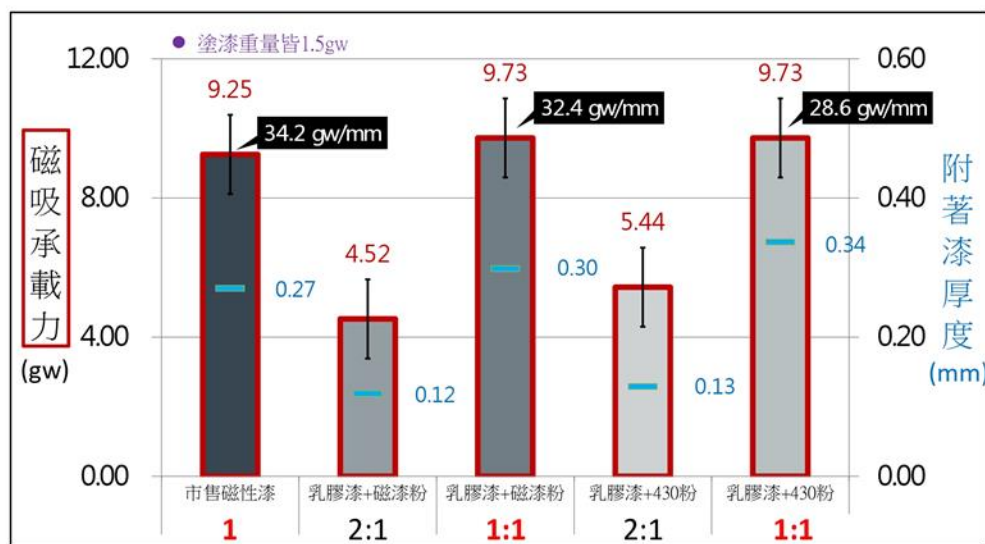
肆、研究過程與結果分析

一、磁性漆是由具磁感性鐵合金和乳膠漆以1:1混合製成

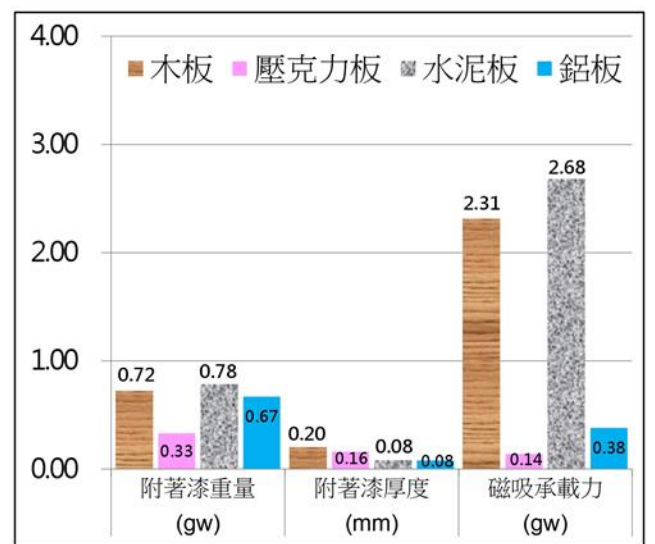
(一)磁性漆的成份具磁感性且防鏽蝕，有金屬光澤

磁性測試	鐵粉 浸醋	磁性漆粉浸醋	磁漆粉	430不鏽鋼粉
 磁鐵吸附 有磁感性	 生鏽	 沒生鏽→鐵合金	 黑&銀灰色(有金屬光澤)	 銀灰色(有金屬光澤)

(二)磁感性原料在磁性漆中的重量佔比推估是1:1



(三)磁性漆適合塗刷在粗糙表面



二-1、增加磁性漆上漆厚度與吸附磁鐵規格會增加磁吸承載力

(一)磁性漆塗刷越厚，與磁鐵的磁吸力越大。

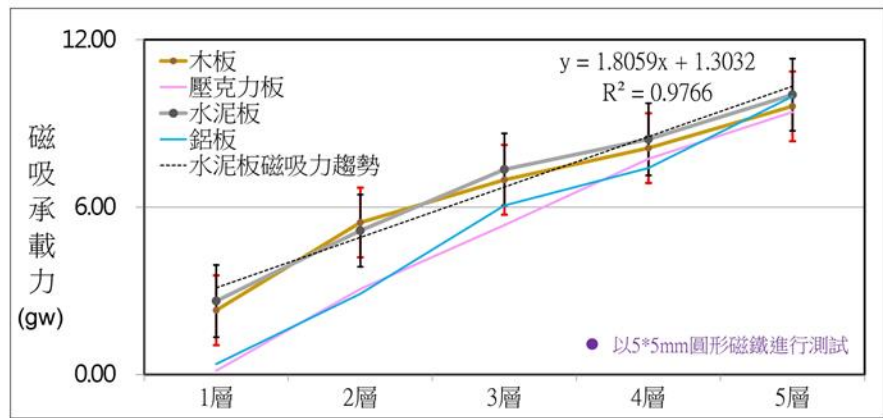


圖2-1 磁性漆塗刷層數與磁吸承載力關係

(二)磁鐵增加直徑比增加厚度更能提高磁吸承載力。

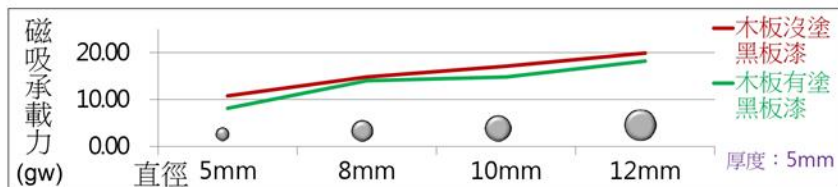


圖2-2 磁鐵直徑與磁吸承載力關係

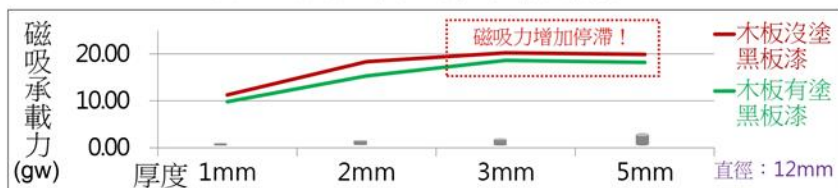


圖2-3 磁鐵厚度與磁吸承載力關係

二-2、磁性漆與乳膠漆分層塗刷在色彩調整上優於混合塗刷

(一)漆料量比例相同時，混合與分層塗刷的磁吸力差異不大，但分層塗刷可任意變換面漆顏色。

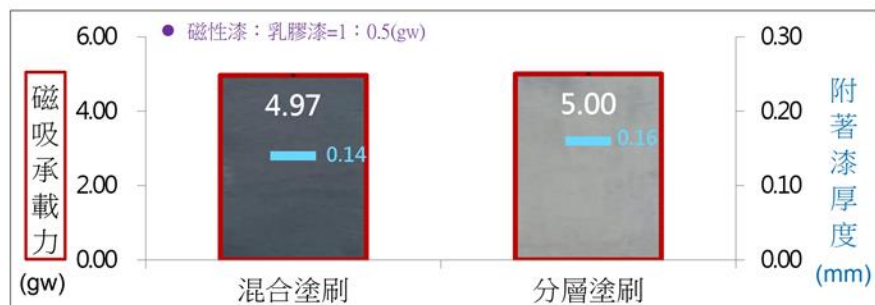


圖2-4 不同塗刷策略的磁吸承載力比較

(二)同比例混合磁性漆與水性漆，磁吸力差異不大；亮度：混乳膠漆>混水泥漆>混調合漆>磁性漆。

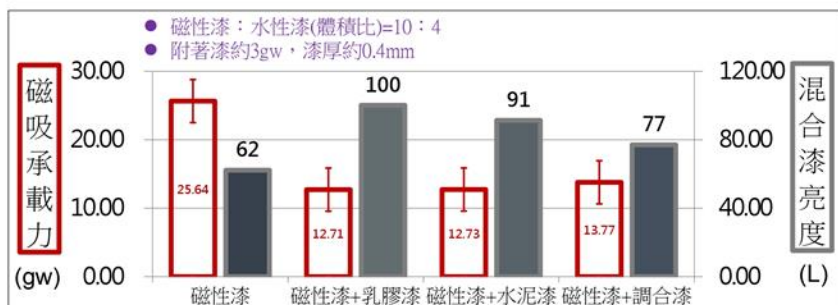


圖2-5 混合漆的磁吸承載力與漆面亮度比較

三、用畢的暖暖包鐵鏽粉可以回收並取代磁性原料來製作磁性漆

(一)用畢的暖暖包粉放置6個月後，仍有磁感性，可用來自製磁性漆。

(二)運用暖暖包粉製作磁性漆，未研磨的粗顆粒比有研磨的細顆粒具有較強的磁吸承載力。

(三)暖包粉與白色水性漆混合時，R和G值的佔比略增，呈現鐵鏽褐色的混色特徵。

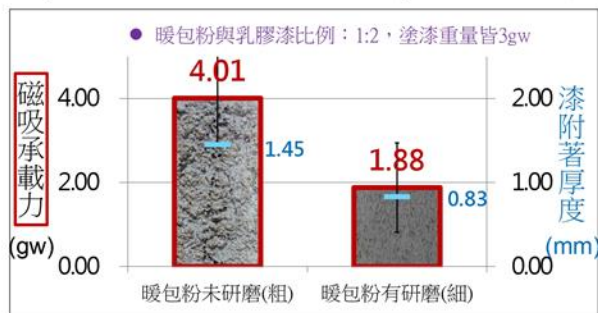
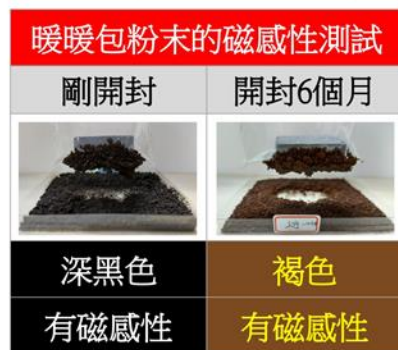


圖3-1 暖包粉粒徑對磁吸承載力影響比較

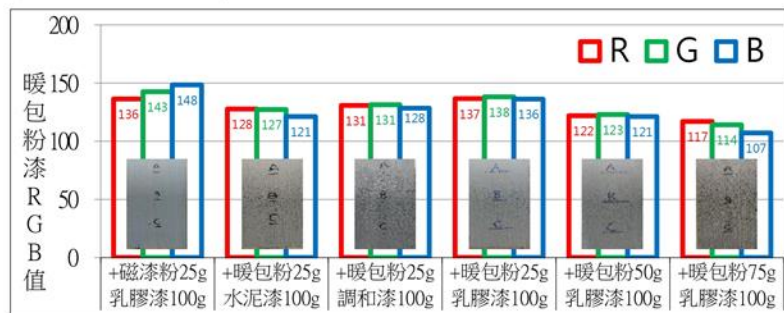


圖3-2 暖包粉漆的顏色RGB值比較

(四)暖包粉添加份量比例為磁漆粉3倍時，可達到與磁性漆相近的磁吸承載力，但漆較濃稠，塗刷較費力。

(五)混合暖包粉與乳膠漆自製磁性漆時，添加與暖包粉相近重量的水，較容易均勻塗刷，提高平均磁吸承載力。



圖3-3 暖包粉漆的磁吸承載力比較

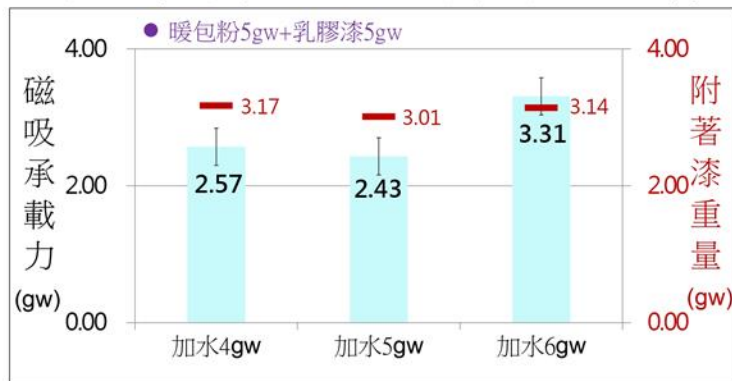


圖3-4 暖包粉漆加不同水量均勻攪拌的磁吸承載力比較

(六)暖暖包用畢後，越快加入乳膠漆攪拌均勻和塗刷，暖包粉磁性漆的磁吸承載力越佳。

(七)回收用畢暖包粉自製磁性漆時，將內袋粉末取出，易使水分蒸發而減緩生鏽，讓磁吸承載力較大。

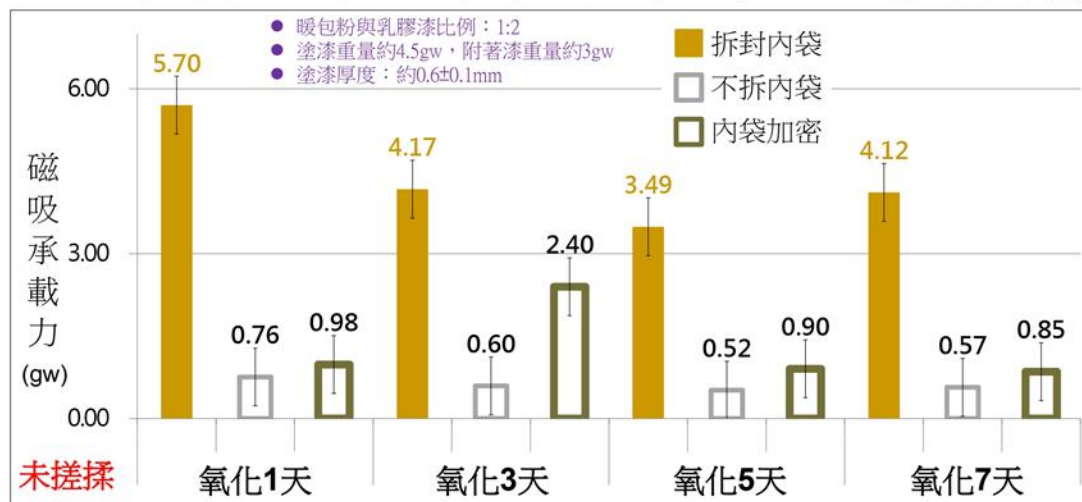
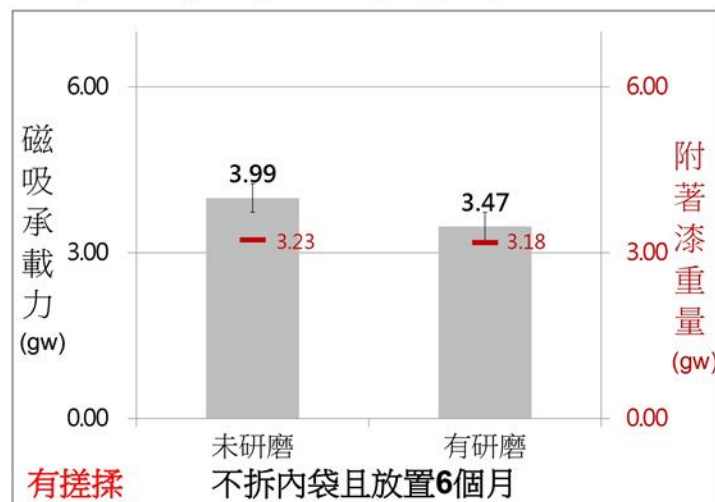
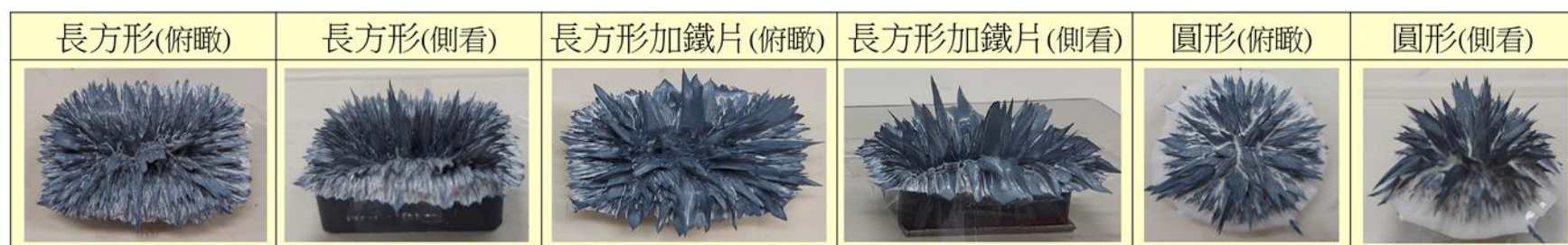


圖3-5 暖包粉使用方式、氧化時間、保存技術與暖包鏽粉漆的磁吸承載力關係



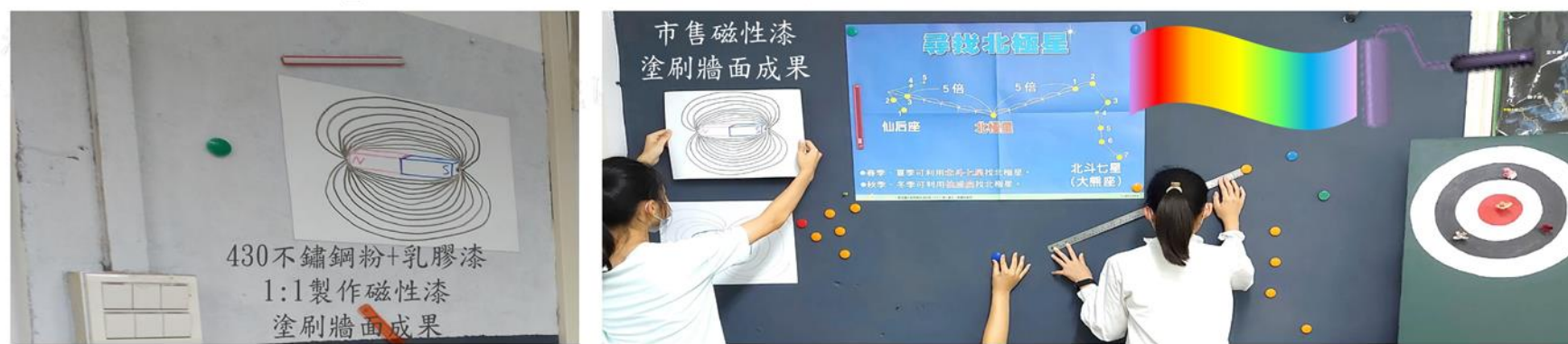
四、磁性漆具有多元運用的優勢

(一)磁性漆可被磁場吸引而呈現清晰的磁力線分布，可探查和比較各種磁鐵的磁場強度。



(二)殘壁變「磁感性壁」、方便張貼資料和練習實作，還可在表面漆上各種顏色。

3. 磁性漆漬



(三)磁性漆可塗刷在各種材質表面，漆漬也可利用，創造教室的益智遊戲區。



伍、討論

一、430不鏽鋼粉可以取代市售磁性漆的高科技磁感性原料嗎？



- 成本低，只須市售價格的70%。
- 顏色淺，利於直接調色作為面漆。
- 磁吸承载力與市售磁性漆相近，也同樣不易鏽蝕。
- 粉末顆粒稍大，表面觸感稍粗糙。



二、暖暖包粉可以取代市售磁性漆的高科技磁感性原料嗎？



- 成本極低，只須負擔乳膠漆價格。
- 回收廢棄暖暖包粉，有利環保。
- 含有易吸水成分，須增加水或乳膠漆調製比例，導致磁吸承载力較弱，可增加塗刷層數作彌補。
- 粉末顆粒大，觸感粗糙，可比照水泥塗裝技術。



陸、結論

- 一、市售磁性漆成分為「有磁感性」而「無磁性」的鐵合金粉末，為430不鏽鋼粉末的可能性高，是磁感粉末和乳膠漆以重量1:1的比例混合製成。
- 二、磁性漆較易附著在表面粗糙有孔隙的材質；而增加磁性漆的塗刷厚度(附著量)、選用磁性強且磁極截面積大的磁鐵，皆能增加磁性漆和磁鐵之間的磁吸力。
- 三、用畢的暖暖包粉仍具極佳磁感性，若避免放置於潮濕環境，並以適當比例和乳膠漆混合，可製成磁性漆，符合環保需求，也能降低磁性漆製作成本。
- 四、磁性漆受磁鐵磁場吸引會呈現清晰磁力線，乾後成為模型，可應用於教學與研究。
- 五、磁性漆可以塗刷在各種形狀的物品表面，也可透過調整厚度來操控磁感性強弱，可應用於設計創意的磁吸裝置，進而活化教室學習空間。

柒、參考資料及其他

陳瑞凱、詹益愷 (2014) 不鏽鋼種類與材質磁性的關係。國立清華大學。

暖暖包原理。科學Online。取自:<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=54196>

未來展望：研究市售磁性漆和自製環保磁性漆的磁吸作用力持久性。